

DIE VERDAULICHKEIT VON
MILCH- UND SOJAPROTEINEN
BEI ZWEI KRALLENAFFENARTEN

Monika Magg

1981
—

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von
Prof. Dr. H. Zucker

**DIE VERDAULICHKEIT VON MILCH- UND SOJAPROTEINEN
BEI ZWEI KRALLENAFFENARTEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Monika M a g g
aus
Friedrichshafen

München 1981

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. J. von Sandersleben
Referent: Prof. Dr. H. Zucker
Korreferent: Prof. Dr. D. Hegner

Tag der Promotion: 24. Juli 1981



INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung und Forderungsetzung	1
2.	Vorgehensweise	2
2.1.	Problemstellung	2
2.2.	Fragestellung der Aufgabe	2
2.3.	Problemformulierung	3
2.3.1.	Gegebenes	3
2.3.2.	Gesucht wird	3
2.3.3.	Verfahrenelemente	3
2.4.	Definition und Beschreibung der Problemstellung	3
2.5.	Einfluss der Aufgabe auf die Lösungsmethodenwahl und Verfügbare Lösungsansätze	3
3.	Typische Vorgehensweisen	3
3.1.	Strukturierte Vorgehensweise	3
3.1.1.	Verfahrenswahl und Lösung der Aufgabenstellung	3
3.1.2.	Verfahrenswahl	3
3.1.3.	Formel zur Berechnung	3
3.1.4.	Berechnung der Lösungswerte	3
3.2.	Strukturierte Vorgehensweisen	3
3.2.1.	Strukturierte Vorgehensweisen	3
3.2.2.	Strukturierte Vorgehensweisen	3

Meiner Mutter

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung und Problemstellung	1
2.	Literaturübersicht	3
2.1.	Proteinernährung	3
2.2.	Proteinbedarf bei Primaten	5
2.3.	Proteinquellen	6
2.3.1.	Sojaprotein	8
2.3.2.	Milchprotein	12
2.3.3.	Verdaulichkeit der Proteinquellen	14
2.4.	Definition und Ermittlung der Proteinverdaulichkeit	16
2.5.	Einfluß der Rohfaser auf Passagegeschwindigkeit und Verdaulichkeit bei omnivoren Monogastriern	21
3.	Eigene Untersuchungen	25
3.1.	Versuchsbeschreibung	25
3.1.1.	Tiermaterial und Haltung der Versuchstiere	25
3.1.2.	Versuchsdurchführung	27
3.1.3.	Futter- und Kotanalysen	29
3.1.4.	Berechnung der Proteinverdaulichkeit	32
3.2.	Verdaulichkeitsuntersuchungen	35
3.2.1.	Sojaextraktionsschrot	35
3.2.2.	Sojaproteinkonzentrat ("Danpro-A")	39

3.2.3.	Casein (Säurecasein "Edible")	43
3.2.4.	Lactalbumin ("Globulal 70 N")	47
3.3.	Einfluß der Rohfaser auf die Proteinverdaulichkeit	51
3.4.	Vergleich der beiden Spezies	56
4.	Diskussion der Versuchsergebnisse	57
5.	Zusammenfassung	65
	Summary	66
	Tabellen	67
	Literaturverzeichnis	78

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Krallenaffen (Familie: Callitrichidae) leben als tagaktive Baumbewohner in den tropischen Regenwäldern Südamerikas. Mit einem Körpergewicht von 85 bis 560 g gehören sie zu den kleinen Neuweltprimaten. Nur wenige Primaten sind so vollkommen an das Baumleben angepaßt wie die Krallenaffen. Als typische Bewohner des "Waldes über dem Wald" betreten sie kaum oder nie den Erdboden (WENDT, 1968).

Ihre Nahrung besteht aus Früchten, Nüssen, Knospen und anderer Pflanzekost, Insekten, Spinnen, Baumfröschen, kleinen Eidechsen, Vogeleiern und Jungvögeln. Speziesunterschiede im Ernährungsverhalten und im Nährstoffbedarf sind wegen der durch Gebirgszüge, baumarme Trockengebiete und Flußarme streng abgegrenzten Kleinbiotope nicht auszuschließen (WENDT, 1968). Die meisten Primaten sind Omnivoren. Bei den Krallenaffen besteht jedoch bei einigen Spezies ein erheblicher Anteil ihrer natürlichen Nahrung aus Insekten (NAPIER and NAPIER, 1967).

Einige Krallenaffenarten sind heute für die medizinische Forschung von Bedeutung. Bei der Haltung und Zucht erweist sich die Ernährung als Hauptproblem. Die Schwierigkeit liegt vor allem in der Verabreichung einer standardisierten Kost ohne Wahlmöglichkeit. Außerdem ist im Vergleich zu landwirtschaftlichen Nutztieren und anderen Haus- und Labortieren über Nährstoffbedarf und Stoffwechselbesonderheiten noch sehr wenig bekannt. Vielseitige Kostformen, bestehend aus Milchprodukten, Früchten und Samen, Haferflocken, Mehlwürmern, Eiern und Jungmäusen, kommen zwar dem ursprünglichen Ernährungsverhalten entgegen, können aber leicht durch einseitige Auswahl zu Nährstoffmangelercheinungen führen. Sie bedeuten außerdem für größere Kolonien einen erheblichen

Aufwand und ein oft nicht tragbares Virusinfektionsrisiko.

Ein Ziel dieser Arbeit ist die schrittweise Verbesserung des Diätprogramms der Zucht- und Versuchstiere. Es sollte zu einem Alleinfutter hinführen, das weitgehend ohne Ergänzungsfuttermittel optimale Gesundheit und Fruchtbarkeit gewährleistet (FLURER, 1981).

Die durchgeführten Untersuchungen konzentrierten sich auf Fragen der Proteinversorgung und der Verträglichkeit verschiedener Proteinquellen. Geprüft wurden Sojaextraktionsschrot, ein Sojaproteinkonzentrat, Casein und Lactalbumin in unterschiedlichen Konzentrationen. Diese Proteine haben sich bei allen anderen Tieren als hochwertig erwiesen. Sie werden in einheitlicher Qualität hergestellt und sind daher für Fütterungsversuche besonders geeignet. Die Ergebnisse von Vorversuchen über Akzeptanz und Verträglichkeit dieser Proteinquellen liegen vor (FLURER, 1981).

Kriterien der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen waren Akzeptanz, Gewichtsänderung, Verdaulichkeit und Kotbeschaffenheit. Die Kenntnis der Verdaulichkeit ist die Voraussetzung für die Berechnung der umsetzbaren Energie und damit für eine kalorische Bewertung des Nahrungsproteins. Außerdem wurde der Einfluß verschiedener Rohfaserkonzentrationen auf die Proteinverdaulichkeit untersucht. Die Versuche wurden durchgeführt mit den Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis*.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Proteinernährung

Nach der Proteinverdauung und Resorption gelangen die Aminosäuren über die Pfortader in die Leber und den peripheren Blutkreislauf. Die Körperzellen entnehmen für die Synthese des zelleigenen Proteins die Aminosäuren aus dem Blut oder synthetisieren zum Teil die nichtessentiellen Aminosäuren selbst. Überschüsse oder nicht benötigte Aminosäuren werden abgebaut, wobei die Kohlenstoffgerüste energetisch genutzt werden können. Bei der Proteinsynthese müssen alle für den Peptidaufbau benötigten Aminosäuren nahezu gleichzeitig und in der gewünschten Menge in der Zelle vorhanden sein. Eine wichtige Reservefunktion hat der Aminosäuren-Pool, so daß Mängel in der Zufuhr einzelner Aminosäuren kurzfristig ausgeglichen werden können.

Die Qualität eines Proteins hängt ab von seiner Verdaulichkeit und vom Aminosäurenmuster. Der Mangel an einer essentiellen Aminosäure begrenzt den Wert des gesamten Proteins in der Diät (HOPPER, 1958; HOCK und PÜSCHNER, 1966; MAURON, 1973 a). Jedoch sind die absoluten Werte bei der Bestimmung der biologischen Proteinwertigkeit nur begrenzt reproduzierbar (NEHRING und HAESLER, 1954/55). Die Ergebnisse von zu verschiedenen Zeiten angestellten Versuchen lassen sich nur bei Standardisierung aller Versuchsbedingungen vergleichen.

Es gibt eine enzymatische Anpassung des Organismus an Schwankungen in Proteinqualität und -quantität. Für eine Reihe von Enzymen wurde bereits eine Induktion durch proteinreiche Diäten nachgewiesen (HOCK und

PÜSCHNER, 1966; SCHARRER et al., 1967). So gewöhnen sich Ratten an wachsende Caseinkonzentrationen in der Diät durch Induktion der Serindehydrogenase und Hemmung der Phosphoglyceratdehydrogenase. Durch diesen biologischen Regulationsmechanismus werden bei einer proteinreichen Diät die überschüssigen Aminosäuren zur Energieproduktion in Kohlenhydrate umgewandelt. Bei einer proteinarmen Diät verläuft die Reaktion umgekehrt (MAURON, 1973 b).

Die Umsatzrate für Plasmaproteine wächst mit dem Proteingehalt in der Diät. Untersuchungen an erwachsenen Ratten ergaben, daß die Fütterung proteinreicher Diäten über längere Zeit zu einer Beschleunigung des Aminosäurenabbaus im intermediären Stoffwechsel führt. Außerdem kommt es zu einem schnelleren Aminosäuretransport aus dem Darm in die Blutbahn (SCHARRER und ZUCKER, 1967; ERBERSDOBLER, 1973). Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen Plasmaamino-säuren-N-Spiegel und dem bei der Ratte beobachteten Rückgang der Nahrungsaufnahme bei proteinreichen Diäten. Die Ursache für diese Verzehrsdepression könnte aber auch, vor allem bei anderen Tierarten, in einer geringeren Schmackhaftigkeit der Diät liegen (SCHARRER und ZUCKER, 1967; SCHARRER et al., 1967).

2.2. Proteinbedarf bei Primaten

Der tägliche Proteinbedarf ist abhängig von der biologischen Wertigkeit des aufgenommenen Proteins. Er folgt bei erwachsenen Warmblütern dem Grundumsatz. Somit besteht ein Zusammenhang mit der metabolischen Körpermasse. Bei zunehmendem Körpergewicht kommt es zu einer Abnahme des Grundumsatzes und damit auch zu einer Abnahme des Nährstoffbedarfs pro kg Körpermasse. Der Bedarf ist erhöht bei wachsenden, graviden und laktierenden Tieren (MITCHELL, 1962; HEGSTED, 1964; ERBERSDOBLER, 1981).

Über den Proteinbedarf von Krallenaffen gibt es bisher keine Untersuchungen. Für Neuweltaffen werden als Minimum 4 g Protein pro kg Körpergewicht und Tag angegeben (NICOLosi and HUNT, 1979). Im Vergleich dazu liegt der für den Menschen angegebene Proteinbedarf je nach Proteinquelle bei 0,4 bis 1,0 g Protein pro kg Körpergewicht und Tag (NÖCKER und SCHULZ, 1966; CALLOWAY and MARGEN, 1971; SCRIMSHAW et al., 1972 und 1976; GARZA et al., 1977; UAUy et al., 1978; BODWELL et al., 1979).

Ein wirklicher Vergleich ist jedoch bei unterschiedlichen Körpergrößen nur möglich, wenn der Proteinbedarf als Anteil der Energieaufnahme ausgedrückt wird (Tabelle 1).

Krallenaffenmilch hat ebenso wie die Milch der Totenkopffaffen einen deutlich höheren Proteingehalt als die Milch des Menschen. Bei Krallenaffen beträgt die Proteinkonzentration in der Milch 3,6 % (TURTON et al., 1978), bei Totenkopffaffen 3,5 % (BUSS and COOPER, 1972), beim Menschen 1,1 % (SOUPART et al., 1954). "Affenmilch" enthält durchschnittlich 16 % der verwertbaren Energie in Form von Protein und ist

Tabelle 1: Vergleich des Proteinbedarfs in g/kg Körpergewicht und in % der aufgenommenen Energie.

		Proteinbedarf in	
		% Energie	g/kg KG
Mensch	im Wachstum	6 - 10	2,0 - 2,4
	erwachsen	5 - 8	0,5 - 0,8
Totenkopffaffen	im Wachstum	13 - 16	18,0
	erwachsen	6 - 13	3,4
Schätzwerte für erwachsene Krallenaffen		ca. 12	4,0

(1) NICOLosi and HUNT, 1979

(2) AUSMAN and GALLINA, 1979

damit der Kuhmilch ähnlicher als der Milch des Menschen (PORTMAN, 1970). Es stellt sich jedoch die Frage nach der Genauigkeit des für Affenmilch angegebenen Proteingehaltes. Die analysierten Werte differieren zum Teil erheblich, was sich vielleicht durch unterschiedliche Laktationsstadien erklären läßt. Außerdem ist ein Vergleich der Proteinkonzentrationen problematisch, da die kleinen Primaten ihr Geburtsgewicht wesentlich rascher verdoppeln als der Mensch.

Der Proteinbedarf der Totenkopffaffen ist auch nach Korrektur über die metabolische Körpermasse höher als bei anderen Säugetieren (AUSMAN and GALLINA, 1979). Ursache ist eine schlechte Proteinverwertung trotz hoher Verdaulichkeit. Bei Casein, Lactalbumin und einem isolierten Sojaprotein beträgt der für das Wachstum nutzbare Anteil 37,4 %, 28,8 %

und 22,2 %. Dagegen liegt die Verwertung hochwertiger Proteine beim erwachsenen Menschen um 65 bis 70 %, bei jungen Ratten sogar bei über 90 %. Keinen Einfluß hat bei den Totenkopffaffen eine Ergänzung der Proteinquellen mit Methionin und Cystin (AUSMAN et al., 1979).

Auch Katzen haben einen sehr hohen Proteinbedarf. Die erwachsene Katze benötigt 20 % der mit der Nahrung aufgenommenen Energie in Form von Protein, verglichen mit 4 bis 8 % bei anderen Säugetieren wie Ratte und Mensch (MORRIS and ROGERS, 1978). Katzenmilch enthält 7 % Protein (MC MEEKIN, 1954). Fast erwachsene Katzen entwickeln nach einer Mahlzeit, die abgesehen von Arginin alle Aminosäuren enthält, eine Hyperammonämie. Sie tritt nicht auf, wenn der argininfreien Diät Ornithin zugegeben wird. Da Ornithin im Organismus aus Arginin synthetisiert wird, ist Arginin für die Katze eine (semi-)essentielle Aminosäure (MORRIS and ROGERS, 1978). Außerdem entsteht bei Katzen, die Casein als Proteinquelle erhalten, eine Retinadegeneration. Der Grund liegt in einer Abnahme der Taurinkonzentration, bedingt durch den Mangel an Cystin, das für die Taurinsynthese benötigt wird (HAYES and CAREY, 1975).

Es ist nicht bekannt, ob bei Krallenaffen ähnliche Besonderheiten im Proteinstoffwechsel vorliegen. Möglicherweise haben sie eine ebenso schlechte Proteinverwertung wie Totenkopffaffen. Obwohl die Aminosäurezusammensetzung der Totenkopffaffenmilch ähnlich ist wie bei Mensch und Rind, schließt dies die Möglichkeit nicht aus, daß diese Spezies eine besondere Aminosäure benötigt, die den Grad der Proteinverwertung limitiert (AUSMAN et al., 1979).

2.3. Proteinquellen

2.3.1. Sojaprotein

Proteine pflanzlichen Ursprungs haben im Vergleich zu tierischen Proteinen meist eine geringere biologische Wertigkeit. Sojaprotein ist jedoch gegenüber anderen pflanzlichen Proteinen von hoher Qualität und kann tierisches Protein ersetzen. Die Sojabohne gehört zu den Leguminosen. Etwa 80 % ihres Proteins bestehen aus Globulinen, die einen geringen Gehalt an Glutaminsäure und einen relativ hohen Gehalt an Arginin, Leucin, Isoleucin und Valin haben. Die limitierende Aminosäure ist Methionin (BROHULT and SANDEGREN, 1954; BONDI, 1958). Ein Zusatz von Methionin verbessert die Qualität des Sojaproteins erheblich (ROSENBERG, 1959; ZEZULKA and CALLOWAY, 1976). So erhöht sich die biologische Wertigkeit eines Sojaproteinkonzentrates bei der Ratte durch Zugabe von 0,2 % DL-Methionin von 77,5 auf 92,0 (HUANG et al., 1980). Die verschiedenen Leguminosensamen besitzen einen unterschiedlichen Gehalt an Trypsininhibitoren. Ihre Funktion in der Pflanze ist noch ungeklärt. Möglicherweise hemmen sie endogene Proteinasen und bewirken ein Sistieren proteolytischer Vorgänge im Samen während der Ruhepause. Durch Hemmung mikrobieller Proteinasen könnten sie den Samen vor Proteolyse durch Mikroorganismen schützen. Zusätzlich bewahren sie vielleicht den Samen vor Verdauung bei solchen Arten, die mit den tierischen Faeces verbreitet werden (MIKOLA and SUOLINNA, 1969). Die Inhibitoren könnten auch mit der Tatsache in Verbindung stehen, daß Leguminosen mit Knöllchenbakterien in Symbiose leben (VOGEL et al., 1966).

Die Trypsininhibitoren sind ihrer chemischen Natur nach Proteine. Iso-
liert wurden bisher die Inhibitoren A₁, A₂, B₁ und B₂, wobei A₂ identisch
ist mit dem Trypsininhibitor nach Kunitz (KUNITZ, 1945). Außerdem
kennt man den relativ hitzestabilen Bowman-Birk-Inhibitor. Die Inhibito-
ren verbinden sich mit Trypsin und Chymotrypsin und verhindern so die
Substratbindung am Enzym. Bezüglich der Wirkung der Trypsininhibitoren
bestehen tierartliche Unterschiede. So führt nicht erhitztes Sojaprotein bei
Ratte und Schwein zu einer Wachstumsdepression (KAKADE et al., 1973;
LIENER, 1973). Dies wurde zunächst auf eine Hemmung der intestinalen
Proteolyse durch die Inhibitoren zurückgeführt. Bei Mensch und Ratte
kommt es zu einer Verminderung der Trypsin- und Chymotrypsinaktivität
von bis zu 60 %. Damit verbunden sind eine ungenügende Fettabsorption,
eine geringere Energieverwertung und eine verminderte Verfügbarkeit von
Aminosäuren, Vitaminen und Mineralstoffen (KROGDAHL and HOLM, 1979).
Es zeigte sich jedoch, daß die Ursachen für die verminderte scheinbare
Verdaulichkeit komplexer Natur sind. Bei der Ratte wurde eine Pankreas-
hypertrophie beobachtet, verbunden mit einer erhöhten Enzymsekretion
(KAKADE et al., 1973; ANDERSON et al., 1979). Die Pankreassekretion
wird auf humoralem Weg über einen negativen Rückkoppelungsmechanismus
durch den Trypsinspiegel im Verdauungskanal gesteuert (KONIJN et al.,
1970; KROGDAHL and HOLM, 1979). Die Trypsinsyntheserate liegt bei der
Ratte nach Fütterung von nicht erhitztem Sojaschrot doppelt so hoch wie
nach getoastetem Sojaschrot (KONIJN et al., 1970). Dies dürfte aber
auch mit einem Methioninmangel zusammenhängen. Beim Schwein tritt
keine Pankreasvergrößerung auf, wohl aber eine Hemmung der Proteolyse
im Intestinum und eine Reduzierung der Futterraufnahme (YEN et al.,
1974 und 1977).

Sojabohnen enthalten außerdem verschiedene Hämagglutinine. Sojahäm-

agglutinine sind Glykoproteine. Ihr Einfluß ist allerdings umstritten. Möglicherweise reduzieren sie die Verdaulichkeit der N-freien Extraktstoffe (LIENER, 1973; ANDERSON et al., 1979).

Sojaprotein muß vor seinem Einsatz in der Fütterung einer Dampferhitzung ("Toasten") unterworfen werden. Einfaches Kochen reicht nicht aus, um die bitteren Geschmacksstoffe und die Trypsininhibitoren zu zerstören. Durch leichte Erhitzung denaturiertes Protein ist außerdem von den Proteinasen leichter angreifbar als native Proteinkörper. Die Proteinverwertung von teilweise erhitztem Sojaprotein wächst proportional zur Zerstörung der Trypsininhibitoren (DEAN, 1958; LIENER, 1958; ROSEN, 1973; ERBERSDOBLER, 1980). So erhöht sich die scheinbare Verdaulichkeit von Sojaprotein bei der Ratte durch Dampferhitzen von 76,4 auf 86,4 % (NITSAN and LIENER, 1976), die wahre Verdaulichkeit beim wachsenden Schwein von 77,8 - 87,2 % auf 90,5 - 92,3 % (HEINZ und POPPE, 1975).

Mit zunehmender Intensität der Hitzebehandlung kann es zu einer Beeinträchtigung der Proteinverdaulichkeit bzw. der Aminosäurenverfügbarkeit kommen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die erhitzten Futtermittel neben Protein auch Kohlenhydrate mit reduzierenden Gruppen enthalten. Es tritt dann häufig die sogenannte Maillard-Reaktion ein, wobei sich zwischen Aminosäuren und Kohlenhydraten Produkte bilden, die enzymatisch nicht mehr spaltbar sind. Es können aber auch noch weitere Hitzeschädigungen auftreten, die teilweise auf intramolekulare Reaktionen zwischen Seitengruppen im Proteinverband zurückzuführen sind (LIENER, 1958; ROSEN, 1973; HEINZ und POPPE, 1975).

Ein weiteres Problem bei der Aufnahme von Sojaprotein ist die Antikörperbildung. Schon kleine Mengen Sojaprotein in der Nahrung reichen aus,

um beim Menschen eine gastrointestinale IgA-Sekretion zu stimulieren (GOULDING et al., 1980; MOROZ and YANG, 1980). Auch Allergien können auftreten (ANDERSON et al., 1979; SCRIMSHAW and YOUNG, 1979; SHIBASAKI et al., 1980).

Bei den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuchen wurden Sojaextraktionsschrot und ein Sojaproteinkonzentrat verwendet. Beide Produkte werden aus gereinigten, zerkleinerten und geschälten Sojabohnen hergestellt. Nach der Extraktion des Öls mit einem organischen Lösungsmittel werden die entfetteten Sojaflocken getoastet und gemahlen. Handelsübliche Sojaextraktionsschrote enthalten entweder um 44 % oder annähernd 50 % Rohprotein. Zur Herstellung von Sojaextraktionsschrot mit 44 % Rohprotein werden die Schalen dem Mehl teilweise wieder zugegeben. Sojaproteinkonzentrat wird durch Extraktion der wasserlöslichen Nichtproteinbestandteile aus Sojamehl gewonnen. Dies geschieht meist mit Hilfe von Säure am isoelektrischen Punkt bei einem pH-Wert von 4,5. Anschließend wird das Produkt neutralisiert und sprühgetrocknet. Sojaproteinkonzentrate sollten mindestens 70 % Rohprotein in der Trockensubstanz enthalten (WAGGLE and KOLAR, 1979).

2.3.2. Milchprotein

Die Milchproteine sind von hoher biologischer Wertigkeit. Sie liegen in der Milch in einer kolloidalen Lösung vor. Auf Grund der Fällbarkeit durch Labenzym oder Säure unterscheidet man Casein und Molkenproteine. Casein ist ein Phosphoprotein. Auf elektrophoretischem Weg lassen sich ein α -, β - und γ -Casein unterscheiden. Zu den Molkenproteinen gehören Lactalbumin und Lactglobulin, außerdem Blutserumalbumine. Lactalbumin ist wegen seines höheren Gehaltes an Cystin ernährungsphysiologisch sehr wertvoll. Das Protein der Kuhmilch enthält 80 % Casein und 2,4 % Lactalbumin (MC MEEKIN, 1954).

Die limitierenden Aminosäuren sind in Casein Methionin und Cystin, in Lactalbumin Methionin (MITCHELL, 1964). Nur das Methionin ist in der Nahrung unersetzlich, da der Organismus Cystin aus Methionin bilden kann. Tiere benötigen mehr Methionin als der Mensch, da sie für ihr Haar- und Federkleid mehr Keratin aufbauen müssen. Keratine besitzen einen hohen Gehalt an Cystin (MITCHELL, 1962).

In Tierversuchen ergab sich eine höhere biologische Wertigkeit für Lactalbumin als für Casein. Dagegen sind beide Proteine für den Menschen von etwa gleichem Wert. Dies erklärt sich durch die geringere Bedeutung, die Methionin und Cystin für den Menschen haben (MUELLER and COX JR., 1947; MITCHELL, 1962).

Bei den durchgeführten Versuchen wurden Casein und Lactalbumin untersucht. Casein wird aus Kuhmilch durch Säurezugabe gewonnen und sprühtrocknet. Die bei diesem Vorgang entstandene Sauermolke hat einen pH-Wert von 4,3 - 4,9. Er wird durch Milchsäuerung und Salzsäure oder durch Kationenaustausch auf pH 3,0 - 3,5 gesenkt. Lactose, Nichtprotein-

stickstoff und Mineralstoffe werden durch Ultrafiltration extrahiert. Das isolierte Lactalbumin wird nun zur Herstellung von "Globulal N" mit Kalilauge neutralisiert und sehr schonend sprühgetrocknet (Produktion, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD).

Alle untersuchten Proteinquellen werden bei den Versuchsbeschreibungen und in den Tabellen 14 und 15 genau definiert.

2.3.3. Verdaulichkeit der Proteinquellen

Tabelle 2

		Proteinverdaulichkeit in %	
		scheinbare	wahre
Mensch	isoliertes Sojaprotein	81,0 (1)	94,8 (1)
	Casein	74,7 - 80,6 (2)	91,2 - 99,0 (2)
		70 - 72 (3)	
	Lactalbumin	67 - 71 (3)	
Schwein	Sojaprotein		85 (4)
	Sojaextraktionsschrot	71,8 (5)	91 (4)
			90,5 - 92,3 (6)
	Sojaproteinkonzentrat	68,5 - 71,8 (7)	92,7 - 92,9 (7)
	Casein		90 (4)
	Lactalbumin		91 (4)

- (1) BODWELL et al., 1980
- (2) HAWLEY et al., 1948
- (3) MUELLER and COX JR., 1947
- (4) NEHRING et al., 1970
- (5) HENNIG, 1957
- (6) HEINZ und POPPE, 1975
- (7) HUANG et al., 1980

Tabelle 3

		Proteinverdaulichkeit in %	
		scheinbare	wahre
Ratte	Sojaprotein	72 - 77 (1)	84 - 91 (1)
		86,4 (2)	91,0 - 98,3 (3)
	Sojaextraktionsschrot	85,7 (4)	90,7 / 96,9*(4)
		80,8 - 88,3 (5)	90,7 / 96,8*(5)
	Sojaproteinkonzentrat	87,7 (6)	
	isoliertes Sojaprotein	91,7 (7)	99,0 (7)
		89,6 (6)	
	Casein	74 - 83 (1)	90 - 93 (1)
		89,5 - 94,3 (5)	96,6 / 98,1*(5)
		87,6 - 90,5 (6)	91,0 - 98,2 (3)
	Lactalbumin	76** (1)	92 (1)

(1) MITCHELL, 1923/24

(2) NITSAN and LIENER, 1976

(3) BERGNER et al., 1980

(4) KRAWIELITZKI und BOCK, 1976

(5) KRAWIELITZKI et al., 1977

(6) HSU et al., 1977 und SATTERLEE et al., 1977

(7) BODWELL et al., 1980

* Die unterschiedlichen Werte ergeben sich durch unterschiedliche Berechnung mit konstantem bzw. nicht konstantem DVN.

** Die Proteinkonzentration in der Diät betrug nur 5 %.

2.4. Definition und Ermittlung der Proteinverdaulichkeit

Von der aufgenommenen Nahrungsmenge wird ein unverdauter Anteil mit dem Kot ausgeschieden. Die Differenz zwischen Nährstoffmenge im Futter und im Kot gibt somit die verdauliche Menge des betreffenden Nährstoffes an. Wird die verdaute Menge ins Verhältnis zur aufgenommenen Menge gesetzt, erhält man die "scheinbare Verdaulichkeit".

Außer den nicht verdauten Nahrungsbestandteilen enthält der Kot jedoch auch Produkte aus dem Stoffwechsel wie Teile von Verdauungsssekreten oder abgeschilferte Darmzellen. Diese metabolischen oder endogenen Kotbestandteile bedingen, daß in Wirklichkeit mehr verdaut wurde, als sich aus der Differenz zwischen Futter und Kot errechnet. Dies wird als "wahre Verdaulichkeit" bezeichnet.

Beim Protein stimmen wahre und scheinbare Verdaulichkeit nicht überein. Auch bei proteinfreier Ernährung wird eine gewisse Menge Stickstoff im Kot ausgeschieden, der Darmverluststickstoff (DVN). Die Größe dieser Differenz wird mit steigender Proteinaufnahme geringer, d.h. die scheinbare Proteinverdaulichkeit wächst mit steigendem Proteingehalt in der Diät (EGGUM, 1980).

Der DVN besteht aus desquamierten Darmmukoszellen, Verdauungsenzymen, Bakterienproteinen und nicht resorbierten Proteinabbauprodukten der Darmflora (MITCHELL and BERT, 1954; HOCK und PÜSCHNER, 1966; RERAT et al., 1976).

Am Anfang des Dünndarms findet sich mehr Stickstoff als aufgenommen wurde. Dies ist vorwiegend auf die Sezernierung endogener Proteine, vor allem in Form von Verdauungsenzymen, zurückzuführen (ZEBROWSKA et al., 1976). Die in den Darminhalt sezernierten Proteine werden mit

einer weitaus höheren Syntheserate als andere Gewebeproteine in Pankreas und Duodenum gebildet (BOCK et al., 1980). Die Resorption der aus dem Futter stammenden Aminosäuren ist am Ende des Dünndarms weitgehend abgeschlossen. Die in den Intestinaltrakt sezernierten endogenen Proteine dürften sich zum Dünndarmende hin anreichern, da sie infolge der fehlenden Pepsin-HCl-Verdauung im Magen kaum der Hydrolyse unterliegen. Nur etwa 10 % der mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffmenge gelangen in den Dickdarm. Die Mikroflora des Dickdarms kann die bis zu diesem Darmabschnitt noch nicht resorbierten Peptide und freien Aminosäuren in bedeutenden Mengen desaminieren und dekarboxylieren, andererseits aber auch aus Proteinabbauprodukten Bakterienprotein synthetisieren, das zum größten Teil vom Wirtstier ungenutzt mit dem Kot ausgeschieden wird (FAUCONNEAU and MICHEL, 1970; ERBERSDOBLER, 1973; WÜNSCHE et al., 1979 a). Beim Schwein wird der in den Dickdarm gelangende Peptid- und Aminosäuren-Stickstoff nahezu vollständig in Ammoniak umgewandelt und als Harnstoff mit dem Urin ausgeschieden (ZEBROWSKA et al., 1976). Die endogenen intestinalen Aminosäuren vermögen offenbar lebensnotwendige Funktionen auszuüben, wie die Adaption des Organismus an in der Aminosäurezusammensetzung unausgeglichene Diäten (KRAWIELITZKI und BOCK, 1976).

Der DVN wird meist in einem Versuch mit N-freier Diät ermittelt. Die so erhaltenen Werte schwanken aber auch bei demselben Tier erheblich und sind nur beschränkt reproduzierbar (NEHRING und HAESLER, 1954/55). Fraglich ist auch, ob diese unter Proteinhunger erzielten Werte bei unterschiedlichen Proteingaben konstant bleiben (GEBHARDT, 1966). Im N-freien Ernährungsversuch sind die Proteinreserven und der Inhalt des N-Pools nach kurzer Zeit erschöpft. Körpersubstanz wird abgebaut und

die freigesetzten Aminosäuren werden - ohne die Möglichkeit der Supplementation im Aminosäurenpool - zur Aufrechterhaltung der lebensnotwendigen Proteinstoffwechselvorgänge herangezogen. Der N-Hungerstoffwechsel weicht demnach erheblich vom Stoffwechsel bei normaler Ernährung ab (HÖTZEL, 1958).

So entsprechen auch die in N-freien Versuchen ermittelten endogenen Proteine weder am Dünndarmende noch im Kot mengenmäßig genau den während der Proteinfütterung vorhandenen, denn es muß mit einer Adaption des Tieres durch stärkere Ausschüttung von Enzymproteinen und auch mit veränderten Resorptionsverhältnissen während der Darmpassage gerechnet werden (WÜNSCHE et al., 1979 b). Die Adaption der proteolytischen Pankreasenzyme hängt von der Natur des Nahrungsproteins ab. Nahrungsproteine können durch Bindung der Enzyme im Darmlumen einen Anstieg der Pankreassekretion hervorrufen (SNOOK, 1964 und 1965). Im Vergleich zu den N-freien Versuchen steigt die N-Ausscheidung im Kot bei erhöhten Proteingaben an (NEHRING und HAESLER, 1954/55; GITLER, 1964; EGGUM, 1980). Der DVN beträgt bei N-freier Fütterung 100 % des Kot-N, fällt mit steigendem Proteinangebot in der Nahrung kontinuierlich ab und erreicht schließlich einen für jedes Futtermittel charakteristischen prozentualen Endwert. Der DVN ist eine Funktion der Proteinaufnahme und steigt deshalb mengenmäßig mit erhöhter Proteinaufnahme linear an. Dieser Anstieg ist, in Abhängigkeit von der Verdaulichkeit des Proteins, mehr oder weniger steil. Je geringer die Proteinverdaulichkeit ist, umso steiler ist der Anstieg des DVN (KRAWIELITZKI und BOCK, 1976; KRAWIELITZKI et al., 1977). So variiert der Stickstoff-Verlust mit dem Kot beim Schwein von weniger als 5 % bei Milchproteinen bis zu 25 % und mehr bei pflanzlichen Proteinquellen (FULLER, 1980).

Außerdem unterscheidet sich die scheinbare Verdaulichkeit der Aminosäuren von der des gesamten Stickstoffs. So passieren beim Schwein 21 - 46 % des aufgenommenen Threonin das Ileum und 13 - 34 % werden im Kot ausgeschieden. Die Werte für Methionin betragen 7 - 25 % im Ileum und 11 - 38 % im Kot. Diese Werte zeigen, daß die Verdaulichkeit von Threonin im Ileum geringer ist als von Methionin (BURACZEWSKI, 1980).

Der DVN ist außerdem noch von einer Reihe anderer Faktoren abhängig. Dazu gehören die Futtertrockensubstanzaufnahme, der Rohfaser- und Energiegehalt der Diät, das Gewicht, Alter und Geschlecht der Tiere. Der DVN steigt erheblich an mit zunehmendem Rohfaser- und Energiegehalt und mit zunehmender Trockensubstanzaufnahme (MITCHELL and BERT, 1954; BEHM, 1955; GITLER, 1964; JUST et al., 1980). Die Abhängigkeit von Gewicht, Alter und Geschlecht der Tiere dürfte geringer sein. Hier kommt es zu einer Abnahme des DVN bei abnehmendem Körpergewicht und zunehmendem Alter. Außerdem liegen die DVN-Werte für männliche Tiere höher als für weibliche (NEHRING und HAESLER, 1954/55; HENNIG, 1957; BODWELL et al., 1979; WÜNSCHE et al., 1979 b).

Auch die wahre Verdaulichkeit steigt mit dem Proteingehalt in der Diät an. Die nach der konventionellen Kotanalyse-methode gefundenen Werte für die wahre Verdaulichkeit entsprechen nicht den realen Verhältnissen (KRAWIELITZKI et al., 1977). Die Fähigkeit des tierischen Organismus, Protein bzw. Aminosäuren zu resorbieren, liegt demnach höher, als durch die bisherigen Werte der wahren Verdaulichkeit belegt wurde. Andererseits sind die Verluste an endogenem Protein bzw. an endogenen Aminosäuren offenbar höher als bisher angenommen. In Analogie des Wasserhaushaltes ist zu vermuten, daß sich im Dünndarm Rezeptoren befinden,

die über einen Rückkoppelungsmechanismus eine erhöhte Sekretion von Verdauungsenzymen veranlassen, um die letzten der Hydrolyse und Resorption entgangenen Proteinreste aufzuschließen und dem Organismus zugänglich zu machen (KRAWIELITZKI et al., 1977; WÜNSCHE et al., 1979 b). Da die Verdauungsenzyme bis zum Darmende nicht mehr vollständig hydrolysiert und resorbiert werden können, ist mit einem erhöhten Verlust an endogenen Stickstoff-Verbindungen zu rechnen (KRAWIELITZKI et al., 1977).

2.5. Einfluß der Rohfaser auf Passagegeschwindigkeit
und Verdaulichkeit bei omnivoren Monogastriern

Pflanzliche Gerüstsubstanzen wie das Kohlenhydrat Cellulose zählen zu den Baustoffen der Zellwände höherer Pflanzen. Für den Menschen ist Cellulose der wichtigste Ballaststoff. Cellulose kann im Verdauungskanal nicht durch körpereigene Enzyme verdaut werden. Der Aufschluß erfolgt mit Hilfe von Mikroorganismen, die über die entsprechenden Enzyme verfügen (YANG et al., 1969; HOLLOWAY et al., 1978).

Der Begriff "Rohfaser" deckt sich nicht mit den unverdaulichen Bestandteilen der Zellmembran. Rohfaser ist der in Säuren und Laugen unlösliche fett-, N- und aschefreie Rückstand einer Substanz. Dieser Rückstand besteht vor allem aus Cellulose und Lignin. Die wasser- und alkali-löslichen Hemicellulosen werden extrahiert, ebenso die löslichen bzw. leicht hydrolysierbaren Anteile von Cellulose, Pentosanen und Lignin (SOUTHGATE, 1973; SPILLER and AMEN, 1975; CUMMINGS, 1976; SOUTHGATE, 1976).

Der durchschnittliche Rohfasergehalt in der üblichen Nahrung beträgt beim Schwein 4 - 8 %, bei der Ratte 4 % und bei Primaten 2 - 4 % (LANG and BRIGGS, 1976).

Ein Rohfasergehalt unter 5 % hat bei monogastrischen Tieren und beim Menschen wenig Einfluß auf die Verdauung. Eine Zunahme des Rohfasergehalts führt zu einer Zunahme der Kotmenge, zu einer weicheren Kotkonsistenz, zu einer rascheren Darmpassage und zu einer Zunahme vor allem der Colonperistaltik. Die Darmperistaltik dürfte hauptsächlich durch den Füllungsgrad reguliert werden (MANGOLD und BEHM, 1955; BURKITT et al., 1972; CUMMINGS, 1973; HARVEY et al., 1973; MITCHELL and

EASTWOOD, 1976; FIORAMONTI and BUENO, 1980; SPILLER et al., 1980). Im Vergleich zu rohfaserfreiem Futter steigt bei Futter mit 1 % Rohfaser bei der Ratte die je Tier und Tag anfallende Kotmenge um 0,2 g an (BEHM, 1954/55).

Auch der Futterverzehr wird bei Ratten vom Rohfasergehalt beeinflusst, da dieser die Passagezeit erheblich beschleunigt und deshalb bald nach erfolgter Fütterung ein erneutes Hungergefühl aufkommen läßt (BEHM, 1954/55; MANGOLD und BEHM, 1955).

Durch Zusatz von unverdaulichem Material zur Nahrung steigt der DVN etwa proportional zum Rohfasergehalt an (WOODMAN and EVANS, 1947; MEYER, 1956; HENNIG, 1957; FARRELL, 1973; HARMUTH-HOENE et al., 1978). Beim Schwein wird durch den mikrobiellen Aufschluß pflanzlicher Gerüstsubstanzen im Darmtrakt zusätzlich Energie zur bakteriellen Proteinsynthese freigesetzt. Neben Energie benötigen diese Bakterien Stickstoff zur Proteinsynthese. Intermediär-Stickstoff gelangt, hauptsächlich als Harnstoff, über die Blutbahn ins Darmlumen und wird dort für die bakterielle Proteinsynthese genutzt. Die Höhe dieses bakteriellen N-Bedarfs ist von der Versorgung der Bakterien mit Energie abhängig. Erhöht sich infolge vermehrter Energiezufuhr durch pflanzliche Gerüstsubstanzen der N-Bedarf der Darmbakterien, so erfolgt ein verstärkter Rückfluß von Harnstoff aus dem Blutkreislauf ins Darmlumen. Dieser Harnstoff wird hydrolysiert und als Ammoniak zur bakteriellen Proteinsynthese genutzt. Durch Zulage pflanzlicher Gerüstsubstanzen wird also nicht nur vermehrt Bakterien-Stickstoff im Kot der Schweine ausgeschieden, sondern es erhöht sich gleichzeitig die Ausscheidung von bakteriell nicht fixiertem Stickstoff, der zumindest teilweise als Ammoniak vorliegt (MOSENTHIN, 1979). Außerdem regt Cellulose die Darmperistaltik an und

verursacht so eine intensive Reibung zwischen Darmschleimhaut und rohfaserhaltigem Futterbrei mit abschilfernder Wirkung (BEHM, 1954/55; SOUTHGATE, 1973).

Bei der Fütterung rohfaserreicher Futtermittel kommt es zu einer Beeinflussung der Verdaulichkeit anderer Nahrungsbestandteile. Die scheinbare Proteinverdaulichkeit nimmt mit steigendem Rohfasergehalt ab (WOODMAN and EVANS, 1947; ZIEGELMAYER et al., 1952; MEYER, 1956; SOUTHGATE and DURNIN, 1970; CUMMINGS, 1973; GEORGE et al., 1980). So liegt die scheinbare Caseinverdaulichkeit bei Ratten, die bei annähernd gleicher Proteinaufnahme einen Zusatz von Guarmehl im Futter erhalten, deutlich niedriger als bei den Kontrolltieren. Guarmehl ist ein Füllstoff mit großer Quelfähigkeit, der diätetischen Präparaten zugesetzt wird (HARMUTH-HOENE et al., 1978). Beim Schwein wurde bei gleichem Proteingehalt im Futter und Zunahme der Rohfaserkonzentration von 2,6 auf 6,0 % eine Abnahme der scheinbaren Proteinverdaulichkeit von 83 auf 72 % beobachtet (LLOYD and CRAMPTON, 1955).

Als Ursachen für diese Depression der Proteinverdaulichkeit kommen, außer einem erhöhten Verlust an endogenem Material, eine schnellere Futterpassage und eine Aminosäurenbindung an die Cellulose in Frage (SOUTHGATE, 1973).

Rohfaser, besonders Cellulose, hat die Fähigkeit, Wasser zu absorbieren. Infolge der verstärkten Wasserbindung kommt es zu einer weicheren Kotkonsistenz und damit zu einer laxierenden Wirkung. Dadurch steht den Enzymen und Bakterien eine kürzere, nicht mehr ganz ausreichende Einwirkungszeit zur Verfügung, die Diffusionsrate der Verdauungsprodukte durch die Darmwand wird verringert und es kann zu einer Verminderung der insgesamt resorbierten Verdauungsprodukte kommen (ZIEGELMAYER et

al., 1952; CUMMINGS, 1973; EASTWOOD, 1973; MITCHELL and EASTWOOD, 1976; HARMUTH-HOENE et al., 1978; MOSENTHIN, 1979).

Cellulosemoleküle lagern sich zu kristallinen Strängen zusammen. Zwischen den Kristalliten entstehen submikroskopische Spalten von 40 - 130 Å Breite und 2500 Å Länge. Es ist durchaus denkbar, daß diese Hohlräume besonders der nativen, wenig verholzten Rohfaser für eine erhöhte Einlagerung von Aminosäuren, Peptiden oder Aminosäurenresten von Proteinen verantwortlich sind und deren Ad- bzw. Absorption bewirken. Dieser Vorgang hat zur Folge, daß Aminosäuren und Peptide durch den Gerüstsubstanzenverband der Verdauung und Resorption entzogen werden. Die Resorbierbarkeit der Aminosäuren mit niedrigem Molekulargewicht wird am stärksten, die der Aminosäuren mit hohem Molekulargewicht am wenigsten beeinträchtigt (BERGNER et al., 1975).

Die Depression der scheinbaren Proteinverdaulichkeit hat beim Schwein keinen erkennbaren Einfluß auf die Verwertung des Proteins. Die wahre Verdaulichkeit nimmt also bei zunehmendem Rohfasergehalt in der Diät nicht erkennbar ab (MOSENTHIN, 1979).

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Versuchsbeschreibung

3.1.1. Tiermaterial und Haltung der Versuchstiere

Die Versuche wurden mit den Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* durchgeführt. Leider stand nur sehr unterschiedliches Tiermaterial mit zum Teil lückenhaft bekannter Vorgeschichte zur Verfügung.

Die Versuchstiere der Spezies *Callithrix jacchus* waren alle in Gefangenschaft geboren. Ihr Alter lag zum Zeitpunkt der Versuche zwischen zwölf Monaten und vier Jahren. Bei drei Tieren war das Geburtsdatum nicht bekannt. Die Versuchstiere der Spezies *Saguinus fuscicollis* waren Wildfänge, die sich teilweise erst einige Monate, teilweise auch schon mehrere Jahre, in Laboratoriumshaltung befanden.

Nur im letzten Versuch, in dem der Einfluß verschiedener Rohfaserkonzentrationen auf die Proteinverdaulichkeit geprüft wurde, kamen auch in Gefangenschaft geborene Tiere der Spezies *Saguinus fuscicollis* in den Versuch, um ausreichende Tierzahlen je Futterration zu erhalten. Das Alter dieser Tiere lag zwischen 20 Monaten und 10 Jahren.

Die Krallenaffen werden als Zuchtpaare in Gitterkäfigen gehalten. Zum Teil kamen auch Einzeltiere, in einem Fall ein Elternpaar mit erwachsenem Jungtier, in den Versuch. Da die Kotproben nur je Käfig gesammelt werden konnten, sind alle Werte die Durchschnittswerte der Tiere eines Käfigs.

In einigen Fällen stellte sich später heraus, daß sich weibliche Ver-

suchstiere im ersten oder zweiten Monat der Gravidität befanden. In diesen Fällen wurden Futterverzehr und Gewichtsänderung der betreffenden Käfige nicht berücksichtigt.

Die relative Luftfeuchtigkeit lag in den Räumen bei 55 - 60 %, die Temperatur bei 23 - 25° C. Als Trinkwasser wurde Leitungswasser in Tränkflaschen ad libitum angeboten.

3.1.2. Versuchsdurchführung

Die Tiere erhielten die Versuchsdiäten in pelletierter Form ad libitum. Die Pellets hatten einen Durchmesser von fünf Millimeter. Pellets dürften sich als Krallenaffenfutter am besten eignen, da sie von den Tieren in die Hand genommen werden können. Außerdem entfallen der Arbeitsaufwand und die hygienischen Probleme von mehlartigem Futter, das als Brei angerührt werden müßte.

Die Versuchsdiäten bestanden aus einer in allen Versuchen konstanten "Basisdiät", aus der Proteinquelle und DL-Methionin, das jeweils 2 % der Proteinkonzentration im Futter ausmachte. Mit Maisstärke als Ausgleichssubstanz wurde auf 100 % aufgefüllt (Tabelle 16).

Die Basisdiät wurde so zusammengestellt, daß sie, abgesehen vom Proteingehalt, dem mutmaßlichen Nährstoffbedarf der Krallenaffen entsprach. Dazu kamen Calciumpropionat zur Vermeidung der Schimmelbildung und Chromoxid als Indikator zur Berechnung der Verdaulichkeit (Tabellen 16, 24 und 25).

Als Proteinquellen wurden Sojaextraktionsschrot, ein Sojaproteinkonzentrat ("Danpro-A"), Casein (Säurecasein "Edible") und Lactalbumin ("Globulal 70 N") eingesetzt. Die Proteinkonzentration in den Diäten sollte für jede Proteinquelle 10, 15 und 20 % betragen.

Außerdem wurde der Einfluß verschiedener Rohfaserkonzentrationen auf die Proteinverdaulichkeit untersucht. Die Proteinquelle war in diesem Fall Lactalbumin. Als Rohfaserquelle diente zerkleinerter Laborzellstoff. Die Diät sollte 20 % Protein und in den einzelnen Rationen 2, 4, 6 und 8 % Rohfaser enthalten.

Die genaue Zusammensetzung der Pellets ist in den Tabellen 16 bis 22

angegeben.

Die Versuchsdauer betrug in allen Fällen drei Wochen. Die Tiere wurden bei Versuchsbeginn gewogen und in Gruppen mit möglichst gleichem Durchschnittsgewicht aufgeteilt. Bei Versuchsende wurde die Gewichtsänderung ermittelt. Der Futterverzehr wurde täglich bestimmt. Zusätzlich zur Versuchsdiät erhielt jedes Tier in der ersten Woche täglich 20 g Banane, in der zweiten und dritten Woche täglich 10 g Banane. Die Bananenmenge wurde bei der Verdaulichkeitsberechnung rechnerisch berücksichtigt. Kot wurde in der zweiten und dritten Woche mehrmals täglich, nach Käfigen getrennt, gesammelt.

3.1.3. Futter- und Kotanalysen

Chromoxidanalysen:

Die von EDIN 1918 zur vereinfachten Verdaulichkeitsbestimmung von Futtermitteln und Futtermittelinhaltsstoffen vorgeschlagene Chromoxid-Indikatormethode ist heute allgemein verbreitet. Sie wurde in zahlreichen Versuchen an verschiedenen Tierarten und auch am Menschen überprüft. Die Verdaulichkeit wird aus der Konzentrationsänderung des Indikators von Futter zu Kot bestimmt, so daß sich deren quantitative Erfassung erübrigt. Man geht davon aus, daß Chromoxid völlig unverdaulich ist. Das Chromoxid-Indikatorverfahren führt zu sehr zuverlässigen Verdaulichkeitswerten (PETRY und ENDERS, 1974), im Gegensatz zur klassischen Kotsammelmethode, bei der sich die Feststellung von Futterverzehr und Kotabsatz infolge methodischer Unzulänglichkeiten stets unsicher gestaltet.

Bei der Chromoxid-Indikatormethode nach PETRY und RAPP (1971) werden Futter- und Kotproben naß verascht. Hierbei wird das unlösliche Chromoxid durch Oxidation in das gut wasserlösliche Chromat übergeführt, das dann photometrisch bestimmt werden kann. Das optische Absorptionsmaximum von Chromat liegt, je nach pH-Wert der Meßlösung, zwischen 350 und 370 nm. Bei den Analysen der einzelnen Diäten und Kotproben wurde die Extinktion bei 366 nm gemessen.

Proteinanalysen:

Um den Rohproteingehalt eines Futtermittels oder einer Kotprobe zu bestimmen, wird der Gehalt an Stickstoff analytisch ermittelt.

Im vorliegenden Fall wurde wegen der geringen Kotmengen eine modifi-

zierte Kjeldahl-Methode mit einem Auto-Analyser (Fa. Technicon) durchgeführt. Die Proben wurden mit einem Selenreaktionsgemisch und einem Schwefelsäure-/Phosphorsäuregemisch (20:1) naß verascht. Die Ammonium-Bestimmung erfolgte mit Natriumsalicylat. Durch die Reaktion der Ammonium-Ionen mit Salicylat wird in einem gepufferten alkalischen Medium bei einem pH-Wert von 12,8 - 13,0 eine smaragdgrüne Farbe gebildet. Dabei wirken Natriumnitroprussid als Katalysator und Natriumhypochlorit als Cl-Donator. Der gebildete Ammonium-Salicylat-Komplex wird bei 660 nm colorimetrisch gemessen.

Man geht davon aus, daß Protein durchschnittlich 16 % Stickstoff enthält. Der analysierte Gehalt an Stickstoff wird deshalb mit dem Faktor 6,25 multipliziert. Nicht alle Proteine enthalten jedoch genau 16 % Stickstoff. Der genaue Faktor für Sojaprotein beispielsweise ist 5,71, für das Protein der Kuhmilch 6,38. Dies führt bei der Berechnung von Diäten, die mehrere Proteinquellen enthalten, zu Problemen. Es dürfte deshalb die beste Lösung sein, Rohprotein allgemein mit dem Faktor 6,25 zu berechnen (HOPPER, 1958; LYMAN, 1958; MAURON, 1973 a).

Rohfaseranalysen:

Die Bestimmung der Rohfaser wurde im Prinzip nach der Weender-Methode durchgeführt. Das Futter wurde nacheinander mit Schwefelsäure und Kalilauge bestimmter Konzentrationen unter standardisierten Bedingungen gekocht. Zur schnellen Filtration wurde Asbest als Hilfsmittel verwendet. Der Rückstand wurde mit Aceton entwässert, anschließend getrocknet und verascht.

Je nach Futterstoff wird nur ein mehr oder weniger großer Anteil der Gerüstsubstanzen erfaßt, da ein Teil der Stoffe in Lösung geht und dann

in der Fraktion der N-freien Extraktstoffe erscheint. Auch die schwer lösliche Cellulose wird in stark wechselnden Anteilen gelöst. So erscheinen in der Gruppe "Rohfaser" nur 50 - 80 % der gesamten Cellulose (CUMMINGS, 1976; MOSENTHIN, 1979). Trotz dieser Nachteile ist die Weender-Methode schnell und einfach durchzuführen und dürfte für die in dieser Arbeit benötigten Futteranalysen ausreichend sein.

3.1.4. Berechnung der Proteinverdaulichkeit

Aus dem Verhältnis von Indikator und Rohprotein in Futter und Kot läßt sich die scheinbare Proteinverdaulichkeit nach folgender Formel berechnen:

scheinbare Proteinverdaulichkeit =

$$100 - \left(\frac{\% \text{ Indikator im Futter} \times \% \text{ Protein im Kot}}{\% \text{ Protein im Futter} \times \% \text{ Indikator im Kot}} \times 100 \right)$$

Bei der Berechnung der scheinbaren Proteinverdaulichkeit mit den in den Versuchen ermittelten Werten erhält man die scheinbare Verdaulichkeit des gesamten Proteins aus allen in der Diät enthaltenen Futtermitteln.

Um einen Schätzwert für die wahre Proteinverdaulichkeit der einzelnen Proteinquellen zu erhalten, wurde ein Versuch mit einer Basaldiät ohne zusätzliche Proteinquelle durchgeführt. Die Basisdiät wurde mit DL-Methionin in entsprechender Konzentration ergänzt und mit Maisstärke auf 100 % aufgefüllt (Tabelle 22).

In den Versuch genommen wurden fünf Käfige mit Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* und fünf Käfige mit Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis*. Die geplante Versuchsdauer betrug zwei Wochen. Der Versuch mußte jedoch wegen zum Teil erheblicher Gewichtsverluste der Tiere nach neun Tagen abgebrochen werden. Zusätzlich zur Diät erhielt jedes Tier an den ersten drei Tagen täglich 20 g Banane, danach täglich 10 g Banane. Kot wurde ab dem vierten Versuchstag mehrmals täglich gesammelt.

Der in der Basaldiät analysierte Proteingehalt betrug 6,8 % in der Trockensubstanz. Daraus ergab sich eine Proteinkonzentration in der Trockensubstanz von "Futter plus Banane" von $6,5 \pm 0,1$ %.

Für die Verdaulichkeit der Trockensubstanz von Basaldiät mit Banane ergab sich ein Wert von $76,8 \pm 5,3$ %. Die scheinbare Proteinverdaulich-

keit betrug $55,7 \pm 2,0 \%$.

Aus diesen Werten läßt sich nun, zusammen mit den in den Versuchen ermittelten Ergebnissen, ein Schätzwert für die wahre Proteinverdaulichkeit der Proteinquellen errechnen.

Beispiel:

Versuch: Proteinquelle Sojaproteinkonzentrat

Tiere: Ein Käfig mit zwei Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis*

Der Futterverzehr betrug 16,63 g plus 10 g Banane pro Tier und Tag. Diese 16,63 g bestehen aus 13,22 g Basisdiät mit Maisstärke und aus 3,41 g Sojaproteinkonzentrat. Die scheinbare Proteinverdaulichkeit betrug 78,3 %. Die Proteinkonzentration in der Diät wurde analysiert. Daraus lassen sich nun der Proteingehalt in g im Futter und über die scheinbare Proteinverdaulichkeit auch der Proteingehalt in g im Kot berechnen. Der Darmverluststickstoff ist enthalten, da von der scheinbaren Proteinverdaulichkeit ausgegangen wird.

Wenn man nun die für Basaldiät mit Banane errechneten Werte von den Werten aus dem Versuch mit Sojaproteinkonzentrat als Proteinquelle abzieht, erhält man den Proteingehalt in g im Sojaproteinkonzentrat und den Proteingehalt im Kot, der aus der Proteinquelle stammt. Da auf diese Weise der DVN mit abgezogen wird, erhält man einen Wert für den Proteingehalt im Kot ohne DVN. Aus diesen Zahlen läßt sich nun die wahre Proteinverdaulichkeit des Sojaproteinkonzentrates berechnen.

Auf diese Weise erhält man natürlich nur einen Schätzwert für die wahre Proteinverdaulichkeit der Testproteine. Der im Basaldiät-Versuch ermittelte Durchschnittswert für die Proteinverdaulichkeit läßt sich nur begrenzt

auf die Versuche mit den Proteinquellen übertragen. Infolge der Berücksichtigung des DVN als konstante Größe weist die wahre Proteinverdaulichkeit einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor auf.

Tabelle 4: Beispiel für die Berechnung der wahren Proteinverdaulichkeit der Testproteine.

	Basisdiät mit Testprotein	Basaldiät	Testprotein
Futtermittelverzehr pro Tier u. Tag	16,63 g + 10 g Banane	13,22 g + 10 g Banane	3,41 g
Protein in Futter u. Banane	12,8 % ≅ 3,41 g —	4,0 % ≅ 0,93 g	= 2,48 g
Proteingehalt im Kot	0,74 g — (+ DVN)	0,41 g (+ DVN)	= 0,33 g (ohne DVN)
			↓
Proteinver- daulichkeit	78,3 % (scheinbare)	55,7 % (scheinbare)	86,7 % (wahre)

3.2. Verdaulichkeitsuntersuchungen

3.2.1. Sojaextraktionsschrot

Der erste Versuch wurde mit einem handelsüblichen getoasteten, mittelfein gemahlenden Sojaextraktionsschrot als Proteinquelle durchgeführt. Sein Rohproteingehalt liegt bei 42,9 % (Tabelle 14). Der Gehalt an Aminosäuren im Rohprotein aller Testproteine ist in Tabelle 15 angegeben. Die genaue Zusammensetzung der Diät zeigt Tabelle 17.

Die Tiere wurden, entsprechend der drei Proteinkonzentrationen in der Diät, in drei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe bestand jeweils aus vier Käfigen der Spezies *Callithrix jacchus* und vier Käfigen der Spezies *Saguinus fuscicollis*. Darunter befanden sich fünf gravide weibliche Tiere, von denen eines in der letzten Versuchswoche einen Abort hatte. Es konnten also fünf Käfige bei Futterverzehr und Gewichtsänderung nicht berücksichtigt werden.

Bei Versuchsbeginn lag das durchschnittliche Körpergewicht in Gruppe 1 bei 392 ± 74 g, in Gruppe 2 bei 372 ± 81 g und in Gruppe 3 bei 375 ± 64 g.

Tabelle 5 gibt die wichtigsten Versuchsergebnisse an. Abb. 1 zeigt die Beziehung zwischen Futterverzehr und Gewichtsänderung, Abb. 2 die scheinbare Proteinverdaulichkeit bei ansteigender Proteinkonzentration in der Diät.

Die Kotkonsistenz erwies sich als unabhängig vom Proteingehalt der Diät. Der Trockensubstanzanteil betrug bei den Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* $29,0 \pm 1,3$ %, bei den Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis* $26,9 \pm 1,2$ %.

Tabelle 5:

Ergebnisse des Versuches mit Sojaextraktionsschrot
als Proteinquelle

VB: 25. 3.1980
VE: 15. 4.1980

Gruppe	n	Protein in Futter + Banane in % (in der TS)	scheinbare Protein- verdaulichkeit von Futter + Banane in %	wahre Protein- verdaulichkeit der Protein- quelle in %	Verdaulichkeit der TS von Futter + Banane in %	Futtermverzehr in % des KG	Gewichts- änderung in %
1	8	11,0 ± 0,2	67,6 ± 1,5	82,9 ± 3,2	79,4 ± 4,0	4,52 ± 0,79*	+ 0,0 *
2	8	15,4 ± 0,4	68,6 ± 1,2	78,5 ± 1,7	78,1 ± 2,4	4,48 ± 1,31**	- 1,1 **
3	8	19,3 ± 0,6	69,8 ± 3,3	77,3 ± 4,2	76,2 ± 2,8	3,95 ± 0,64*	- 0,3 *

* n = 6
** n = 7

n = Anzahl der Käfige

Gewichtsänderung
in %

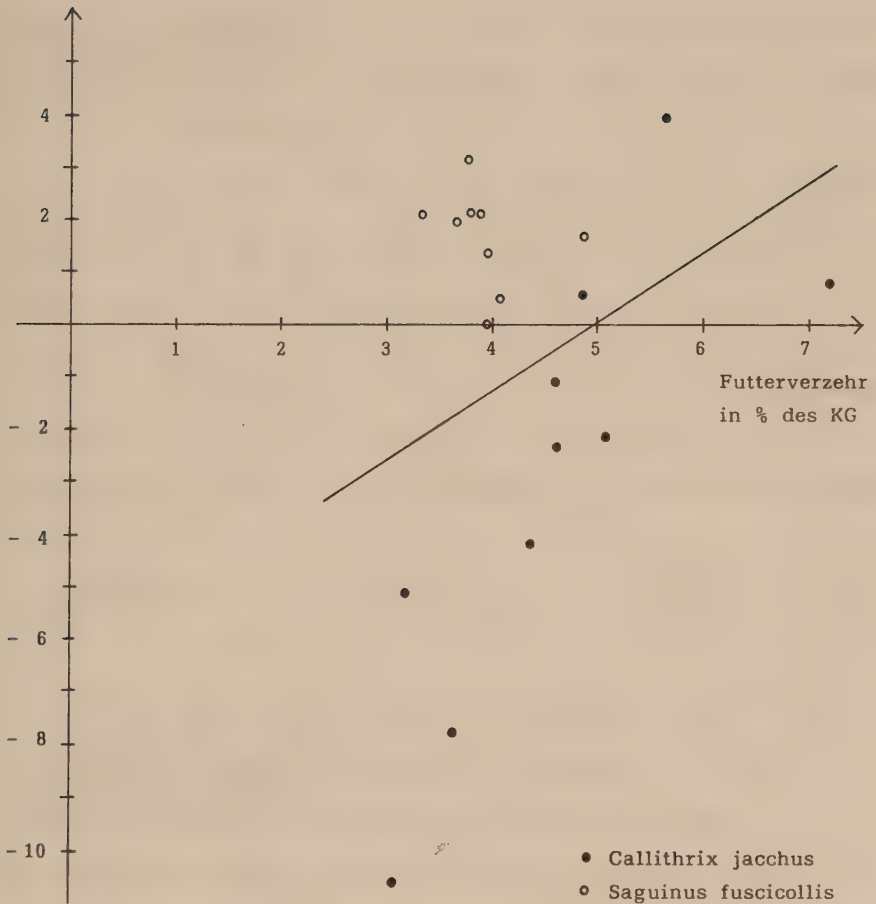


Abb. 1: Beziehung zwischen Futtermittelverzehr und Gewichtsänderung im Versuch mit Sojaextraktionsschrot als Proteinquelle.

Proteinverdaulichkeit
in %

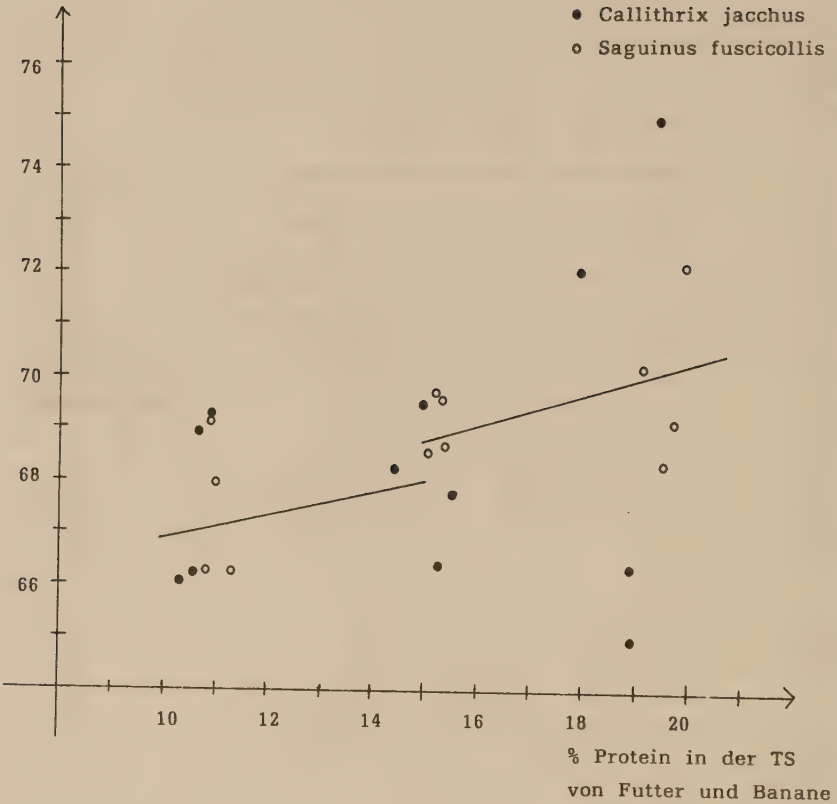


Abb. 2: Scheinbare Proteinverdaulichkeit von Basisdiät, Sojaextraktionsschrot und Banane bei zunehmender Proteinkonzentration in der Diät.

3.2.2. Sojaproteinkonzentrat ("Danpro - A")

Der Proteingehalt des in diesem Versuch getesteten Sojaproteinkonzentrates beträgt 65 % in der Originalsubstanz (Tabelle 14). Es enthält nur Spuren von Trypsininhibitoren, keine anderen wachstumshemmenden Stoffe und keine Sojaantigene (Produktinformation, Aarhus Oliefabrik, Dänemark). Die Zusammensetzung der Diät ist aus Tabelle 18 ersichtlich.

In den Versuch kamen in jeder der drei Gruppen drei Käfige der Spezies *Callithrix jacchus* und vier Käfige der Spezies *Saguinus fuscicollis*. Darunter befanden sich vier gravide weibliche Tiere. Zwei weitere Käfige mußten wegen geringem Futterverzehr und starkem Gewichtsverlust der Tiere in der zweiten Woche aus dem Versuch genommen werden. In einem Fall reichte die gesammelte Kotmenge nicht zur Analyse aus, so daß dieser Käfig bei den Versuchsergebnissen nicht erscheint. Von den angeführten Käfigen konnten also fünf bei Futterverzehr und Gewichtsänderung nicht berücksichtigt werden.

Bei Versuchsbeginn lag das durchschnittliche Körpergewicht in Gruppe 1 bei 382 ± 104 g, in Gruppe 2 bei 380 ± 53 g und in Gruppe 3 bei 386 ± 70 g.

Tabelle 6 zeigt die wichtigsten Versuchsergebnisse. In Abb. 3 wird die Gewichtsänderung bei unterschiedlichem Futterverzehr, in Abb. 4 die scheinbare Proteinverdaulichkeit der Diät mit Banane dargestellt.

Die Kotkonsistenz wurde mit zunehmendem Proteingehalt des Futters weicher. Der Anteil der Trockensubstanz lag in Gruppe 1 bei $28,2 \pm 0,6$ %, in Gruppe 2 bei $27,0 \pm 0,4$ % und in Gruppe 3 bei $26,5 \pm 0,8$ %.

Tabelle 6:

Ergebnisse des Versuches mit Sojaproteinkonzentrat
als Proteinquelle

VB: 17. 9.1980
VE: 7.10.1980

Gruppe	n	Protein in Futter + Banane in % (in der TS)	scheinbare Protein- verdaulichkeit von Futter + Banane in %	wahre Protein- verdaulichkeit der Protein- quelle in %	Verdaulichkeit der TS von Futter + Banane in %	Futtermittelverzehr in % des KG	Gewichts- änderung in %
1	7	11,0 ± 0,2	72,3 ± 2,2	90,0 ± 6,5	81,6 ± 2,9	4,45 ± 0,99*	+ 1,3*
2	6	14,5 ± 0,4	75,3 ± 2,9	88,0 ± 5,3	82,5 ± 5,9	3,84 ± 0,75**	+ 1,8**
3	7	18,2 ± 0,3	77,7 ± 2,7	86,4 ± 3,6	81,0 ± 1,7	3,96 ± 0,82**	+ 0,0**

*

n = 5

**

n = 4

n = 6

n = Anzahl der Käfige

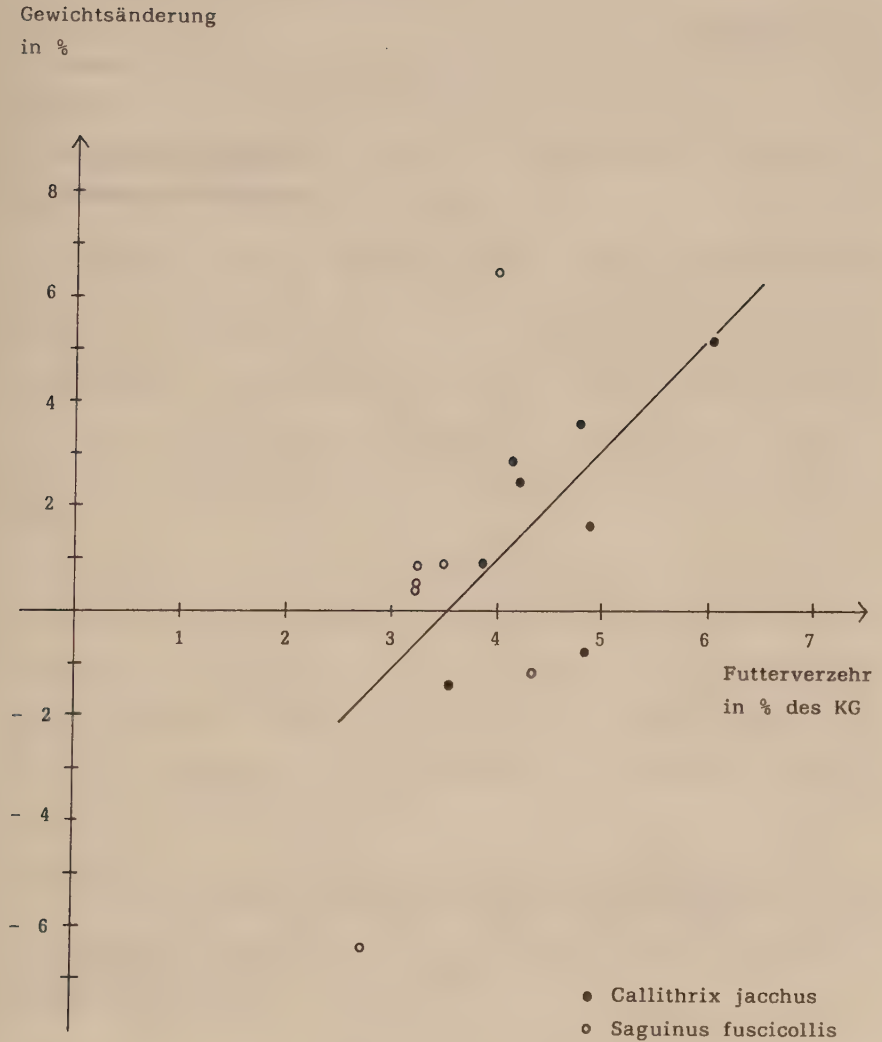


Abb. 3: Beziehung zwischen Futtermverzehr und Gewichtsänderung im Versuch mit Sojaproteinkonzentrat als Proteinquelle.

Proteinverdaulichkeit
in %

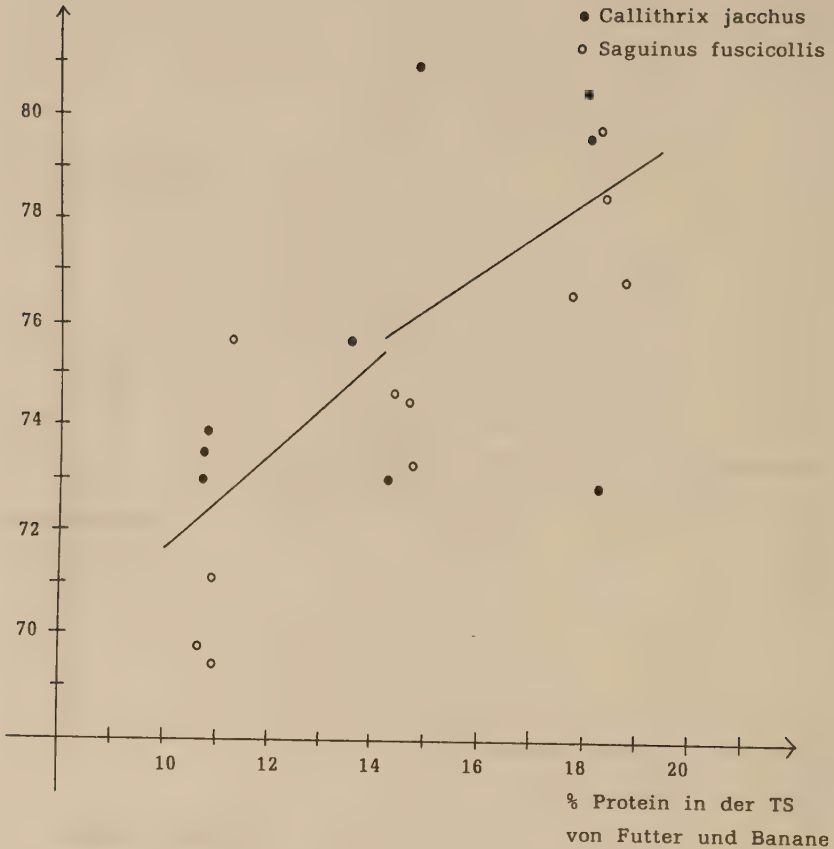


Abb. 4: Scheinbare Proteinverdaulichkeit von Basisdiät, Sojaprotein-
konzentrat und Banane bei zunehmender Proteinkonzentration
in der Diät.

3.2.3. Casein (Säurecasein "Edible")

Säurecasein ist ein geschmacksneutrales, gelblich-weißes Pulver mit einem Proteingehalt von 84 - 87 % in der Originalsubstanz (Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD). Die Tabellen 14 und 19 zeigen die Zusammensetzung des Casein und der Diät.

In den Versuch genommen wurden in jeder Gruppe drei Käfige der Spezies *Callithrix jacchus* und vier Käfige mit Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis*. Darunter befanden sich sechs gravide weibliche Tiere. Ein Käfig mußte in der dritten Woche aus dem Versuch genommen werden, da ein Tier nach sehr starkem Gewichtsverlust in Agonie lag. Bei Futterverzehr und Gewichtsänderung konnten also nur 14 Käfige berücksichtigt werden.

Bei Versuchsbeginn lag das Durchschnittsgewicht in Gruppe 1 bei 355 ± 86 g, in Gruppe 2 bei 363 ± 79 g und in Gruppe 3 bei 382 ± 85 g.

Die wichtigsten Versuchsergebnisse sind in Tabelle 7 angegeben. Abb. 5 zeigt die Beziehung zwischen Futterverzehr und Gewichtsänderung. Aus Abb. 6 ist die scheinbare Proteinverdaulichkeit bei ansteigender Proteinkonzentration in der Diät ersichtlich.

Die Kotkonsistenz war unabhängig von der Proteinkonzentration in der Diät. Der Anteil der Trockensubstanz betrug bei den Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* $27,7 \pm 2,1$ %, bei den Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis* $29,2 \pm 0,8$ %.

Tabelle 7:

Ergebnisse des Versuches mit Casein
als Proteinquelle

VB: 7.5.1980

VE: 28.5.1980

Gruppe	n	Protein in Futter + Banane in % (in der TS)	scheinbare Protein- verdaulichkeit von Futter + Banane in %	wahre Protein- verdaulichkeit der Protein- quelle in %	Verdaulichkeit der TS von Futter + Banane in %	Futterverzehr in % des KG	Gewichts- änderung in %
1	7	10,8 ± 0,1	77,4 ± 0,6	96,4 ± 1,4	84,8 ± 2,3	4,94 ± 0,97*	+ 2,8*
2	7	15,1 ± 0,2	78,9 ± 2,5	94,9 ± 3,8	85,4 ± 2,5	4,49 ± 0,75*	+ 2,8*
3	7	18,4 ± 0,6	82,6 ± 3,3	93,5 ± 4,9	87,2 ± 1,5	4,31 ± 0,72**	+ 3,7**

* n = 5

** n = 4

n = Anzahl der Käfige

Gewichtsänderung

in %

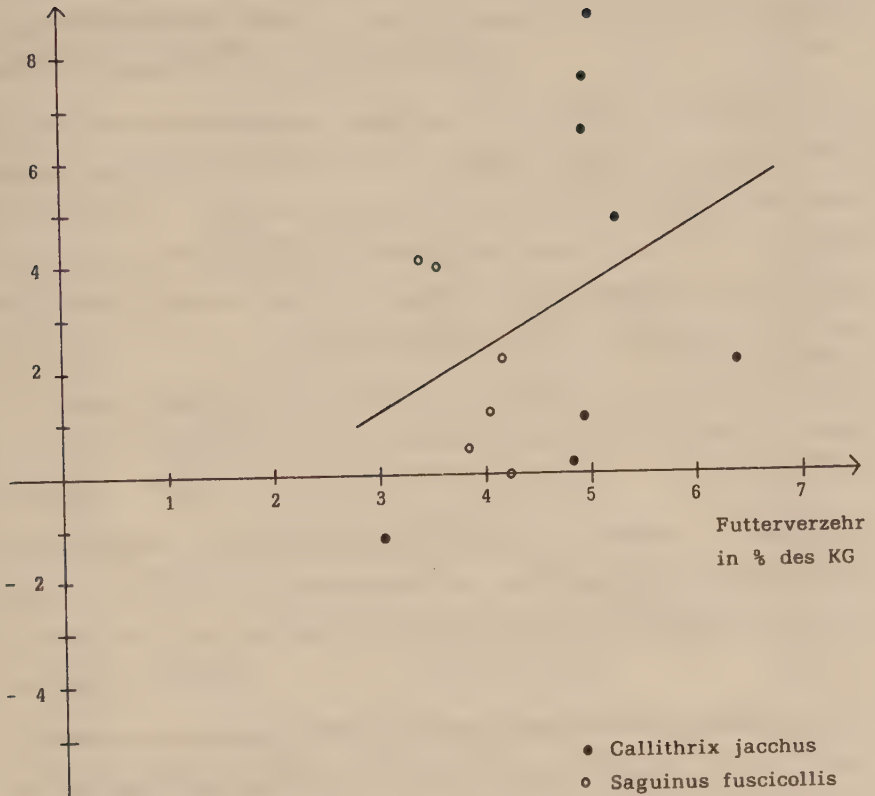


Abb. 5: Beziehung zwischen Futtermittelverzehr und Gewichtsänderung im Versuch mit Casein als Proteinquelle.

Proteinverdaulichkeit
in %

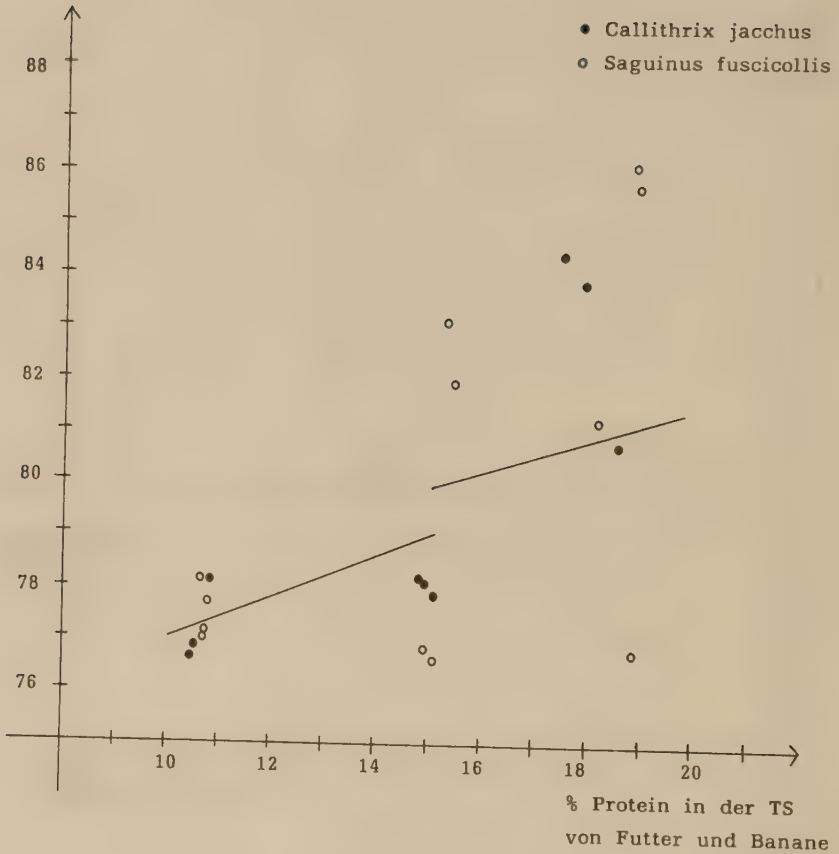


Abb. 6: Scheinbare Proteinverdaulichkeit von Basisdiät, Casein und Banane bei zunehmender Proteinkonzentration in der Diät.

3.2.4. Lactalbumin ("Globulal 70 N")

Globulal 70 N ist ein geschmacksneutrales cremefarbenes Pulver mit einem Proteingehalt von mindestens 68,7 % (Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD). Die Zusammensetzung von Proteinquelle und Diät zeigen Tabelle 14 und Tabelle 20.

Die drei Versuchstiergruppen bestanden aus jeweils drei Käfigen der Spezies *Callithrix jacchus* und vier Käfigen der Spezies *Saguinus fuscicollis*. Darunter waren sechs gravide weibliche Tiere. Ein Käfig mußte in der zweiten Woche wegen starker Gewichtsabnahmen der Tiere aus dem Versuch genommen werden. Deshalb konnten insgesamt sieben Käfige bei Futterverzehr und Gewichtsänderung nicht berücksichtigt werden.

Das durchschnittliche Körpergewicht der Tiere lag bei Versuchsbeginn in Gruppe 1 bei 361 ± 117 g, in Gruppe 2 bei 371 ± 59 g und in Gruppe 3 bei 355 ± 65 g.

Die wichtigsten Versuchsergebnisse werden in Tabelle 8 angegeben. Abb. 7 zeigt die Gewichtsänderung bei unterschiedlichem Pelletverzehr. In Abb. 8 ist die scheinbare Proteinverdaulichkeit der Diät einschließlich Banane dargestellt.

Die Kotkonsistenz zeigte keinen Zusammenhang mit der Proteinkonzentration der Diät. Bei den Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* betrug der Trockensubstanzgehalt $26,4 \pm 2,0$ %, bei den Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis* $23,7 \pm 2,2$ %.

Tabelle 8:

Ergebnisse des Versuches mit Lactalbumin
als Proteinquelle

VB: 1.7.1980
VE: 22.7.1980

Gruppe	n	Protein in Futter + Banane in % (in der TS)	scheinbare Protein- verdaulichkeit von Futter + Banane in %	wahre Protein- verdaulichkeit der Protein- quelle in %	Verdaulichkeit der TS von Futter + Banane in %	Futterverzehr in % des KG	Gewichts- änderung in %
1	7	9,9 ± 0,2	78,0 ± 1,2	97,2 ± 3,1	82,5 ± 2,9	5,11 ± 1,12*	+ 2,5*
2	7	13,8 ± 0,2	80,5 ± 1,5	96,0 ± 2,0	84,4 ± 1,8	4,43 ± 0,51**	+ 1,9**
3	7	17,5 ± 0,3	83,5 ± 1,2	94,5 ± 1,8	84,7 ± 3,4	3,88 ± 0,33**	+ 0,6**

* n = 3
** n = 6
*** n = 5

n = Anzahl der Käfige

Gewichtsänderung
in %

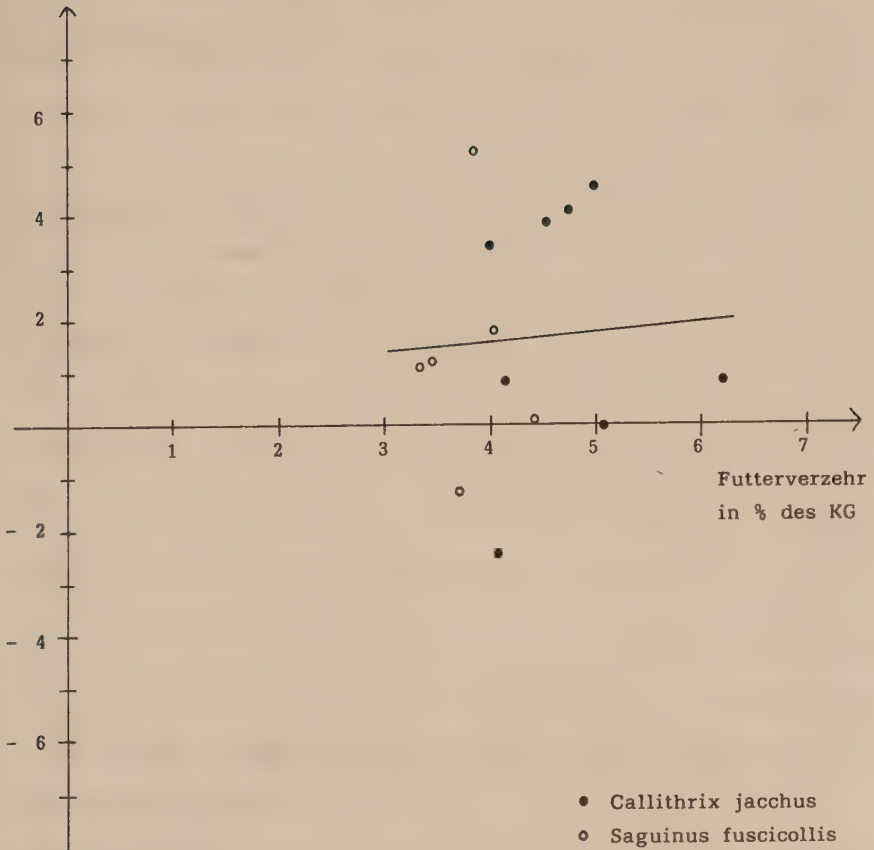


Abb. 7: Beziehung zwischen Futtermverzehr und Gewichtsänderung im Versuch mit Lactalbumin als Proteinquelle.

Proteinverdaulichkeit
in %

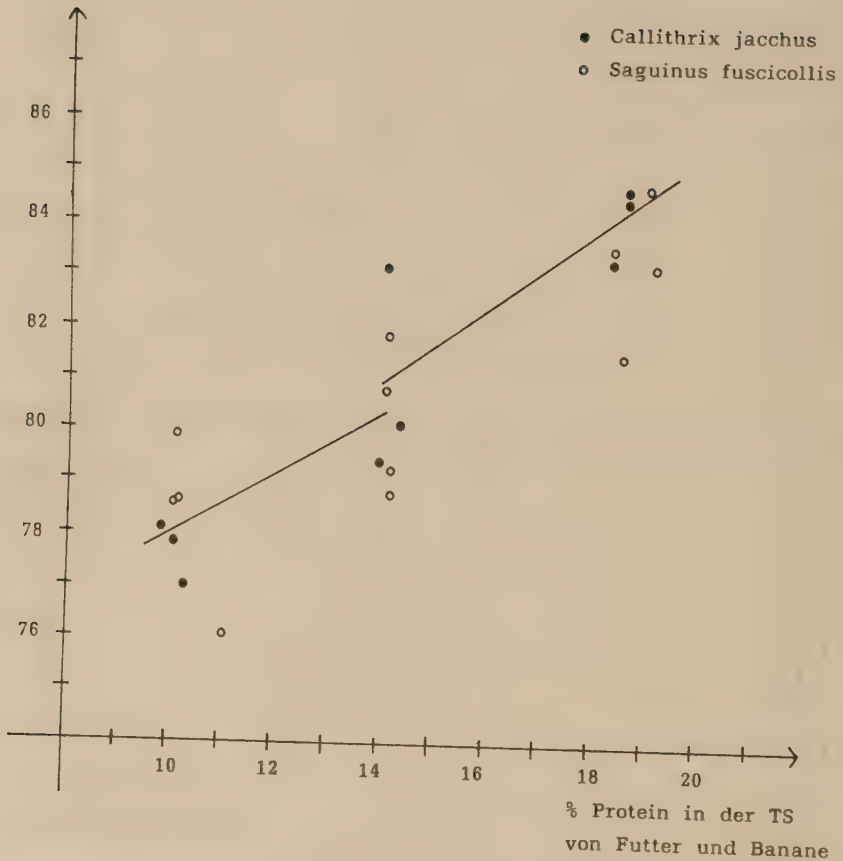


Abb. 8: Scheinbare Proteinverdaulichkeit von Basisdiät, Lactalbumin und Banane bei zunehmender Proteinkonzentration in der Diät.

3.3. Einfluß der Rohfaser auf die Proteinverdaulichkeit

Der Einfluß unterschiedlicher Rohfaserkonzentrationen in der Diät auf die Proteinverdaulichkeit wurde untersucht. Die Diät enthielt Lactalbumin als Proteinquelle. Die analysierte Proteinkonzentration in der Trockensubstanz betrug 21,4 %. Dies ergab bei Berücksichtigung der Banane eine durchschnittliche Proteinaufnahme von $18,5 \pm 0,6$ % in der Trockensubstanz von Futter und Banane.

Als Rohfaserquelle enthielten die Pellets grobe Cellulose in verschiedenen Konzentrationen. Laborzellstoff wurde angefeuchtet, zu kleinen Kugeln geformt, tiefgefroren und danach etwas angetaut im Mixer zerkleinert. Die flockige, watteähnliche Substanz ließ sich problemlos unter das Futter mischen. Die genaue Zusammensetzung der Diät zeigt Tabelle 21.

Die Tiere wurden, entsprechend der vier Rohfaserkonzentrationen in den Pellets, in vier Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe bestand jeweils aus zwei Käfigen der Spezies *Callithrix jacchus* und vier Käfigen der Spezies *Saguinus fuscicollis*. Darunter befanden sich, soweit sich einige Wochen nach Versuchsende bereits feststellen ließ, zwei gravide weibliche Tiere. Fünf Käfige mußten in der zweiten Woche wegen geringem Futterverzehr, verbunden mit teilweise erheblichen Gewichtsabnahmen der Versuchstiere, aus dem Versuch genommen werden. Sieben Käfige konnten also bei Futterverzehr und Gewichtsänderung nicht berücksichtigt werden.

Bei Versuchsbeginn lag das durchschnittliche Körpergewicht in Gruppe 1 bei 398 ± 92 g, in Gruppe 2 bei 347 ± 35 g, in Gruppe 3 bei 396 ± 113 g und in Gruppe 4 bei 342 ± 77 g.

Tabelle 9 gibt die wichtigsten Versuchsergebnisse an. Abb. 9 zeigt die Beziehung zwischen Futterverzehr und Gewichtsänderung, Abb. 10 die

scheinbare Proteinverdaulichkeit bei ansteigender Rohfaserkonzentration in der Diät.

Die Kotkonsistenz nahm mit zunehmendem Rohfasergehalt in der Diät ab. Die Werte für die Trockensubstanz lagen in Gruppe 1 bei $27,4 \pm 1,6$ %, in Gruppe 2 bei $26,6 \pm 1,5$ %, in Gruppe 3 bei $25,5 \pm 1,4$ % und in Gruppe 4 bei $25,0 \pm 1,3$ %.

Tabelle 9: Ergebnisse des Versuches mit Lactalbumin als Proteinquelle
und Cellulose als Rohfaserquelle

VB: 27.11.1980
VE: 18.12.1980

Gruppe	n	Rohfaser in Futter + Banane in % (in der TS)	scheinbare Protein- verdaulichkeit von Futter + Banane in %	wahre Protein- verdaulichkeit der Protein- quelle in %	Verdaulichkeit der TS von Futter + Banane in %	Futterverzehr in % des KG	Gewichts- änderung in %
1	6	2,4 ± 0,0	84,3 ± 2,1	94,9 ± 3,3	82,2 ± 3,2	4,22 ± 1,16*	- 2,5*
2	6	4,0 ± 0,1	83,8 ± 2,1	94,5 ± 3,1	80,1 ± 2,1	4,48 ± 1,97**	- 2,0**
3	6	5,6 ± 0,1	81,4 ± 2,1	91,2 ± 3,2	78,5 ± 1,3	4,10 ± 1,06**	- 1,5**
4	6	7,2 ± 0,2	79,2 ± 1,7	88,2 ± 2,6	76,5 ± 2,9	3,90 ± 0,43**	- 2,9**

* n = 3
** n = 4
** n = 5

n = Anzahl der Käfige

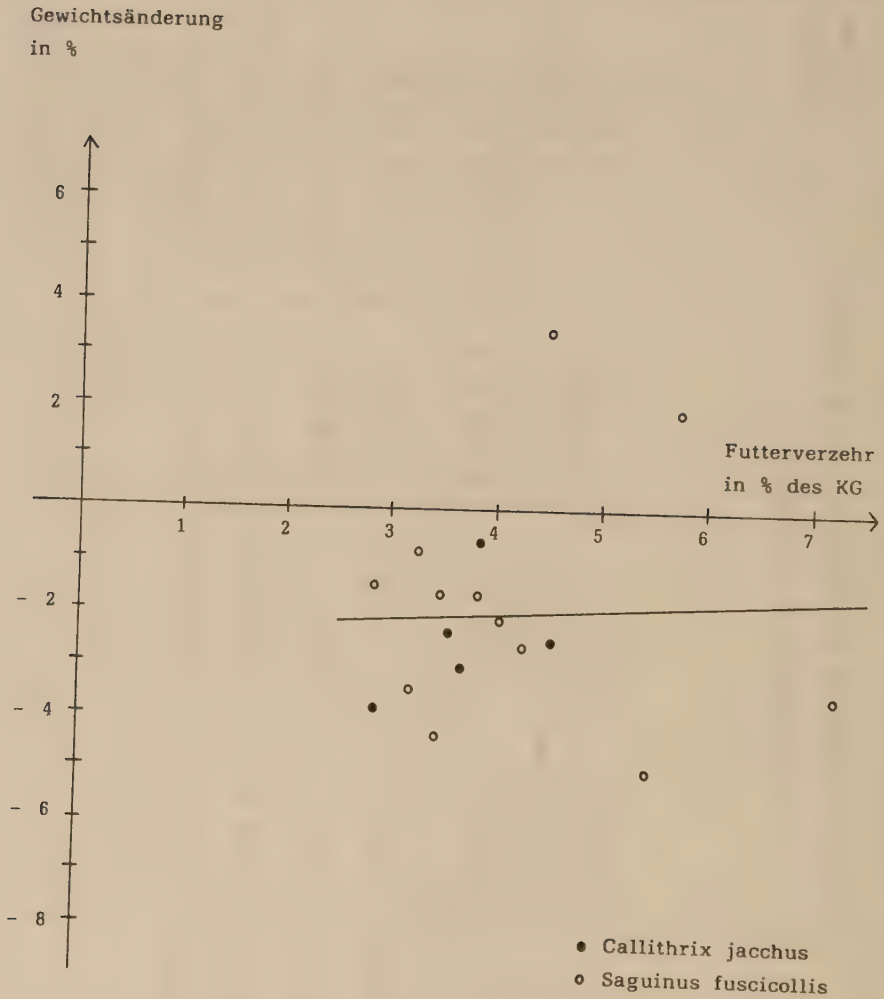


Abb. 9: Beziehung zwischen Futtermverzeher und Gewichtsänderung im Versuch mit Cellulose als Rohfaserquelle.

Proteinverdaulichkeit
in %

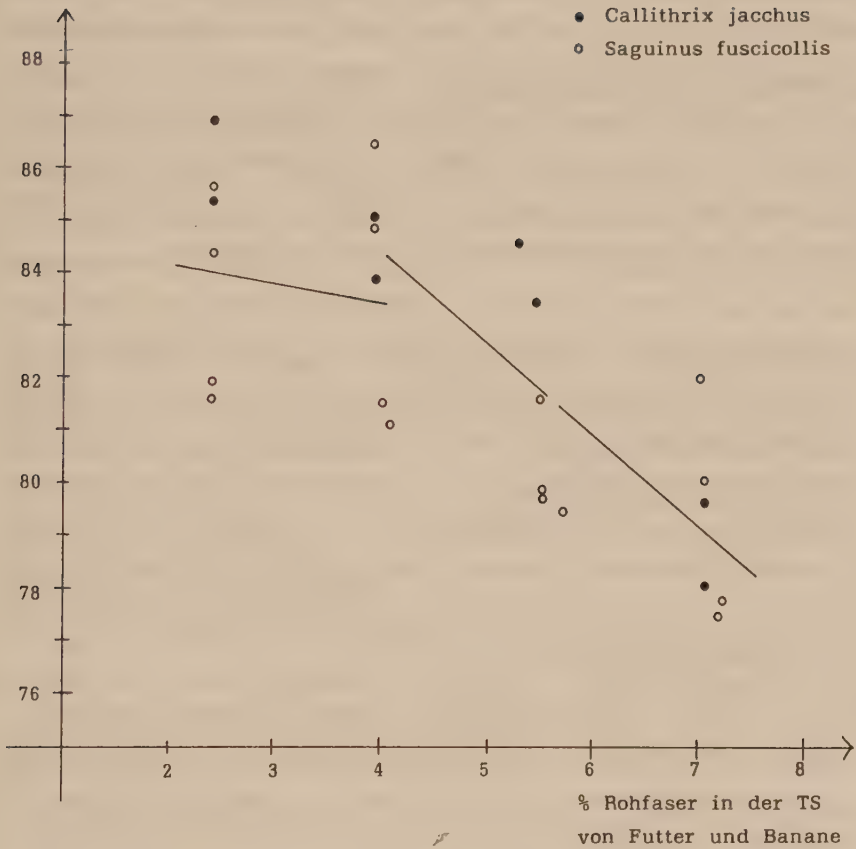


Abb. 10: Scheinbare Proteinverdaulichkeit von Basisdiät, Lactalbumin und Banane bei zunehmender Rohfaserkonzentration in der Diät.

3.4. Vergleich der beiden Spezies

Die Versuche wurden durchgeführt mit den Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis*. Für eine statistische Auswertung reichten die Käfigzahlen leider nicht aus, so daß nicht geprüft werden konnte, ob signifikante Unterschiede zwischen den beiden Spezies bestehen. Da sich jedoch bei der im Rahmen dieser Arbeit wichtigen Proteinverdaulichkeit in allen Fällen und bei den anderen Kriterien in den meisten Fällen eine Überschneidung der Bereiche Mittelwert $\pm$ Streubreite ergab, sind die beiden Spezies bei den Versuchsergebnissen nicht getrennt aufgeführt.

Eine geringere Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz und meist auch des Proteins konnte im Vergleich zu Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* und zu *Saguinus fuscicollis* - Wildfängen bei Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis* festgestellt werden, die sich bereits mehrere Jahre in Laboratoriumshaltung befanden oder schon in Gefangenschaft geboren waren. In Anbetracht der geringen Tierzahlen ließ sich jedoch auch hier kein signifikanter Unterschied ermitteln. Die Ursache für die geringere Verdaulichkeit ist nicht bekannt. Möglicherweise kommt es in Gefangenschaft zu einer Änderung der Darmflora.

Bei den Versuchen mit den Testproteinen kamen nur *Saguinus fuscicollis* - Wildfänge in den Versuch, die sich in den meisten Fällen noch nicht sehr lange in Gefangenschaft befanden. Der Einfluß auf die Versuchsergebnisse dürfte deshalb gering sein.

Im letzten Versuch wurde der Einfluß unterschiedlicher Rohfaserkonzentrationen auf die Proteinverdaulichkeit geprüft. Hier wurden auch in Laboratorien geborene Tiere der Spezies *Saguinus fuscicollis* in den Versuch genommen, um ausreichende Tierzahlen je Ration zu erhalten.

4. DISKUSSION DER VERSUCHSERGEBNISSE

Alle Testproteine wurden von den Tieren akzeptiert. Mögliche negative Auswirkungen konnten bei einer Versuchsdauer von drei Wochen nicht festgestellt werden.

Die Proteinkonzentration in Diät und Banane betrug bei der Untersuchung der einzelnen Proteinquellen durchschnittlich 10,7, 14,7 und 18,4 % in der Trockensubstanz. Aussagen über den Proteinbedarf sind bei der kurzen Versuchsdauer jedoch nicht möglich. Die unterschiedlichen Proteinkonzentrationen spiegeln sich nicht in der Körpergewichtsentwicklung wider.

Ein Vergleich von Akzeptanz und Gewichtsänderung zwischen den Testproteinen ist nur bedingt möglich. Die Versuche wurden zu verschiedenen Zeiten mit oft nicht identischen Tieren durchgeführt. Bei einer Gegenüberstellung der Diäten mit gleicher Proteinkonzentration differieren die Werte für den Futterverzehr nur unerheblich, die Bevorzugung einer Proteinquelle ist nicht erkennbar.

Bei Ratten wurde eine Verzehrsdepression bei zunehmendem Proteingehalt der Diät festgestellt (SCHARRER und ZUCKER, 1967; SCHARRER et al., 1967). Auch bei den Krallenaffen zeigte der Futterverzehr eine abnehmende Tendenz.

Auch bei der Kotbeschaffenheit war kein Zusammenhang mit der Proteinkonzentration in der Diät zu erkennen. Eine Ausnahme bildete der Versuch mit Sojaproteinkonzentrat. Hier kam es zu einer Abnahme der Kottrockensubstanz bei zunehmender Danprokonzentration im Futter ($p \leq 0,05$). Möglicherweise handelt es sich jedoch nur um einen Zufallsbefund. Auch bei anderen Tieren trat während der Versuche

teilweise Durchfall auf, ohne daß ein erkennbarer Zusammenhang mit der Diät bestanden hätte.

Die Proteinverdaulichkeit (Tabellen 9 und 10) zeigte bei den Krallenaffen keine wesentlichen Abweichungen von den für Mensch, Schwein und Ratte in der Literatur angegebenen Werten (siehe 2.3.3.).

Die Zunahme der Proteinkonzentration der Diät war bei einem Vergleich der Gruppen 1 und 3 in allen Fällen mit einem signifikanten Anstieg ($p \leq 0,05$) der scheinbaren Proteinverdaulichkeit verbunden (Tabelle 9). Die scheinbare Proteinverdaulichkeit wächst mit steigender Proteinkonzentration der Diät, da der Darmverluststickstoff prozentual weniger ins Gewicht fällt (KRAWIELITZKI und BOCK, 1976; KRAWIELITZKI et al., 1977; EGGUM, 1980).

Die wahre Proteinverdaulichkeit der Testproteine wurde berechnet (Tabelle 10). Bei der Berechnung wurde ein konstanter DVN vorausgesetzt. Der DVN steigt jedoch mit zunehmender Proteinkonzentration der Diät an, vor allem durch eine erhöhte Sekretion von Verdauungsenzymen (SNOOK, 1964 und 1965; KRAWIELITZKI et al., 1977; WÜNSCHE et al., 1979 a und b). Das bedeutet, daß der DVN bei Aufnahme der Basaldiät am geringsten war. Es erklärt auch die Abnahme der wahren Proteinverdaulichkeit bei zunehmender Proteinkonzentration, die sich bei der Berechnung ergab. Es müßte bei der Ermittlung der wahren Verdaulichkeit der Proteinquellen ein höherer DVN abgezogen werden, was einen Anstieg der wahren Verdaulichkeit zur Folge hätte. In Wirklichkeit dürfte die wahre Proteinverdaulichkeit also noch etwas höher liegen, als für eine Proteinkonzentration von 10,7 % in Diät und Banane angegeben.

Je geringer die Proteinverdaulichkeit, umso steiler ist der Anstieg des DVN (KRAWIELITZKI und BOCK, 1976; KRAWIELITZKI et al., 1977;

Tabelle 9: Scheinbare Proteinverdaulichkeit des in Basisdiät, Testprotein und Banane enthaltenen Proteins in %.

Protein in Futter + Banane Proteinquellen in %*	10,7	14,7	18,4
Sojaextraktionsschrot	67,6	68,6	69,8
Sojaproteinkonzentrat	72,3	75,3	77,7
Casein	77,4	78,9	82,6
Lactalbumin	78,0	80,5	83,5

Tabelle 10: Wahre Proteinverdaulichkeit der untersuchten Proteinquellen in %.

Protein in Futter + Banane Proteinquellen in %*	10,7	14,7	18,4
Sojaextraktionsschrot	82,9	78,5	77,3
Sojaproteinkonzentrat	90,0	88,0	86,4
Casein	96,4	94,9	93,5
Lactalbumin	97,2	96,0	94,5

* in der TS

FULLER, 1980). Außerdem kommt es zu einem Anstieg des DVN bei zunehmendem Rohfasergehalt der Diät (BEHM, 1955; GITLER, 1964; JUST et al., 1980). Dies dürfte sich besonders auf die für Sojaextraktions-schrot berechnete wahre Proteinverdaulichkeit auswirken.

Der DVN steigt auch bei zunehmender Trockensubstanzaufnahme an (MITCHELL and BERT, 1954). Trotz der mit zunehmendem Proteingehalt etwas abnehmenden Futteraufnahme dürfte dieser Umstand auf die wahre Proteinverdaulichkeit wenig Einfluß haben, da sich die einzelnen Gruppen im Futterverzehr nur unerheblich unterscheiden.

Bei Ratten wurde bei ansteigender Rohfaserkonzentration der Diät eine Zunahme des Verzehrs beobachtet (BEHM, 1954/55; MANGOLD und BEHM, 1955). Bei den Krallenaffen blieb jedoch die Futteraufnahme trotz Cellulosezulagen relativ konstant.

Eine Zunahme des Rohfasergehaltes bewirkt eine weichere Kotkonsistenz (MANGOLD und BEHM, 1955; BURKITT et al., 1972; CUMMINGS, 1973; HARVEY et al., 1973; MITCHELL and EASTWOOD, 1976; FIORAMONTI and BUENO, 1980; SPILLER et al., 1980). Eine signifikante Abnahme der Kottrockensubstanz ($p \leq 0,05$) bei zunehmendem Cellulosegehalt der Diät konnte auch bei den Krallenaffen festgestellt werden.

Bei der Fütterung rohfaserreicher Diäten kommt es zu einer Abnahme der Verdaulichkeit anderer Nahrungsbestandteile, vor allem auch der scheinbaren Proteinverdaulichkeit (WOODMAN and EVANS, 1947; ZIEGELMAYER et al., 1952; LLOYD and CRAMPTON, 1955; MEYER, 1956; SOUTHGATE and DURNIN, 1970; CUMMINGS, 1973; HARMUTH-HOENE et al., 1978; GEORGE et al., 1980). Ursachen sind ein erhöhter Verlust an endogenem Material (MOSENTHIN, 1979), eine schnellere Passagerate (ZIEGELMAYER et al., 1952; CUMMINGS, 1973; EASTWOOD, 1973; MITCHELL and EASTWOOD, 1976;

HARMUTH-HOENE et al., 1978; MOSENTHIN, 1979) und eine Aminosäurenbindung an die Cellulose (BERGNER et al., 1975).

Bei einem Anstieg der Rohfaserkonzentration der Diät von 2,4 auf 7,2 % kam es zu einer Abnahme ($p \leq 0,05$) sowohl der scheinbaren Proteinverdaulichkeit von 84,3 auf 79,2 %, als auch der Verdaulichkeit der Trockensubstanz von 82,2 auf 76,5 % (Abb. 11).

Auch die berechnete wahre Proteinverdaulichkeit nahm mit zunehmendem Rohfasergehalt ab (Abb. 11). Die Ursache dafür liegt in einer Zunahme des DVN, die bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden konnte. Durch Zusatz von unverdaulichem Material zur Nahrung steigt der DVN etwa proportional zum Rohfasergehalt an (WOODMAN and EVANS, 1947; MEYER, 1956; HENNIG, 1957; FARRELL, 1973; HARMUTH-HOENE et al., 1978). Gründe dafür sind der verstärkte Rückfluß von Harnstoff aus dem Blutkreislauf ins Darmlumen (MOSENTHIN, 1979) und die abschilfernde Wirkung des rohfasergehaltigen Futterbreis (BEHM, 1954/55; SOUTHGATE, 1973). Beim Schwein nimmt die wahre Proteinverdaulichkeit bei zunehmender Rohfaserkonzentration der Diät nicht erkennbar ab (MOSENTHIN, 1979).

Die Kenntnis der Proteinverdaulichkeit ist eine Voraussetzung für die Berechnung der umsetzbaren Energie. Im Intermediärstoffwechsel ist die umsetzbare Energie die Grundlage für alle energetischen Lebensprozesse. Ihre Bestimmung kann erfolgen, indem man die verdauliche Energie berechnet und hiervon den Energiegehalt von Harn und Methan abzieht. Das energiereiche Methan kann beim Monogastrier ohne intensive mikrobielle Verdauung vernachlässigt werden (JAKOBSEN, 1969).

Im vorliegenden Fall wurde angenommen, daß sich die Krallenaffen im Stickstoffgleichgewicht befanden. Das gesamte verdauliche Protein wurde

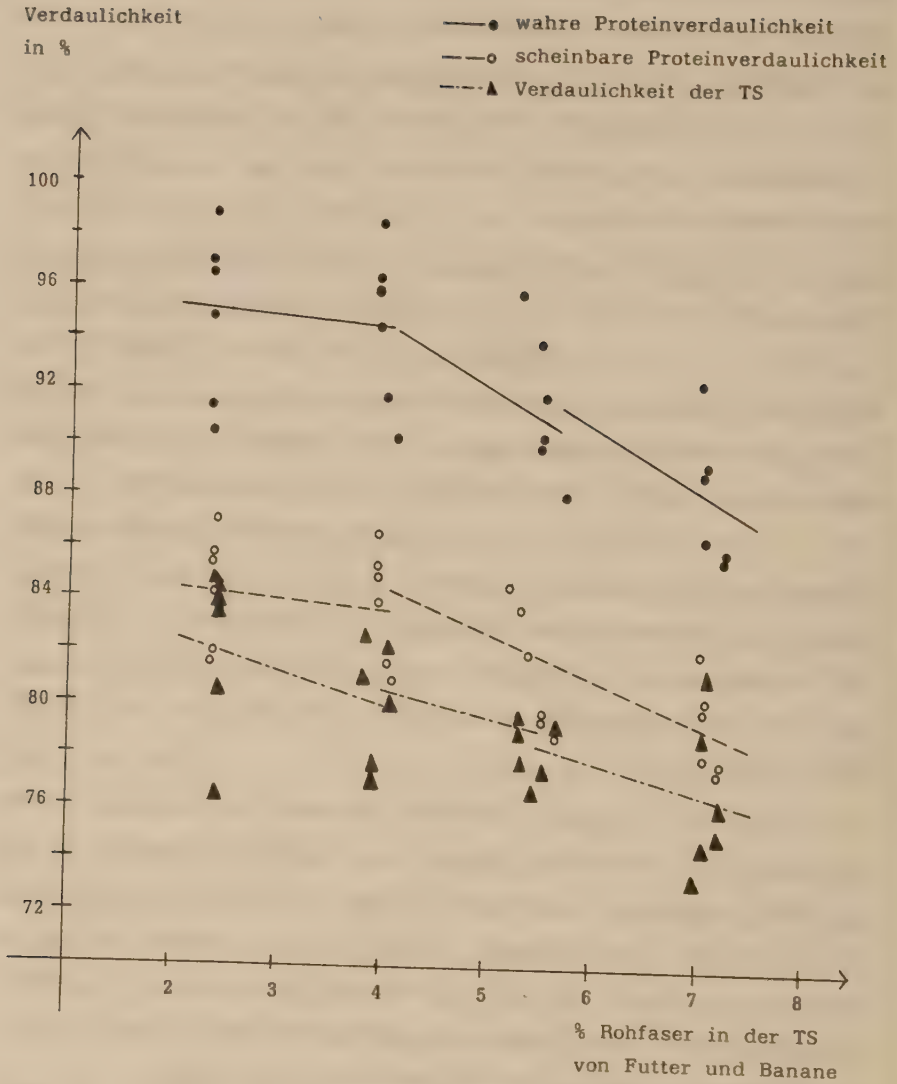


Abb. 11: Einfluß von Cellulosezulagen auf die Verdaulichkeit des Proteins und der Trockensubstanz.

also metabolisiert. Der Stickstoff des resorbierten Proteins ist dann im Harn als Harnstoff wiederzufinden (JAKOBSEN, 1969). Der Energiegehalt von Harnstoff beträgt ca. 2,5 kcal/g (NEHRING, 1959; KLEIBER, 1961). Andere energiehaltige Substanzen im Harn wurden vernachlässigt.

Die Proteinverdaulichkeit ist bekannt. Für die Fettverdaulichkeit wurde ein Wert von 95 % angenommen. Die Verdaulichkeit der Rohfaser dürfte bei einer durchschnittlichen Rohfaserkonzentration von 2,1 % in den Diäten um 32 % betragen (KROMBACH, pers. Mitteilung, 1981*). Über die Verdaulichkeit der Trockensubstanz konnte nun eine Verdaulichkeit der N-freien Extraktstoffe von 85 % berechnet werden. Der Wert dürfte etwas höher liegen, da die Verdaulichkeit der organischen Substanz nicht genau mit der Verdaulichkeit der Trockensubstanz übereinstimmt. Der Einfluß der geringen Menge Banane, die die Tiere erhielten, auf die Verdauungskoeffizienten blieb hierbei unberücksichtigt. Bei der Umrechnung in Energie wurde von den Durchschnittswerten in Tabelle 12 ausgegangen.

Tabelle 12: Durchschnittliche Bruttoenergie.

Substanzen	Energiegehalt in kcal/g **
Rohprotein	5,7
Rohfett	9,4
Rohfaser	4,2
N-freie Extraktstoffe	4,1

* Dissertation in Vorbereitung

** 1 kcal = 4,18 kJ

Die umsetzbare Energie wurde von den Versuchsdiäten und von der Koloniediät berechnet, die die Krallenaffen außerhalb der Versuche erhalten (Tabellen 23, 24 und 25).

Tabelle 13: Umsetzbare Energie der Gesamtrationen und des darin enthaltenen Proteins in kcal/kg *.

Diät \ umsetzbare Energie	der Gesamtration	des Proteins
mit Sojaextraktionsschrot	3275	3278
mit Sojaproteinkonzentrat	3348	3584
mit Casein	3404	3801
mit Lactalbumin	3452	3848
Koloniediät	3331	3396

* 1 kcal = 4,18 kJ

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde die Proteinverdaulichkeit von Sojaextraktionsschrot, Sojaproteinkonzentrat, Casein und Lactalbumin an den beiden Krallenaffenspezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* mittels einer Indikatormethode (Cr_2O_3) untersucht. Die Proteinquellen waren proteinäquivalent in den pelletierten Diäten enthalten. Außerdem wurde der Einfluß verschiedener Rohfaserkonzentrationen auf die Proteinverdaulichkeit ermittelt.

1. Alle Testproteine wurden von den Tieren akzeptiert.
2. Die Proteinverdaulichkeit zeigte bei den Krallenaffen keine wesentlichen Abweichungen von den für Mensch, Schwein und Ratte in der Literatur angegebenen Werten.
3. Bei Proteinkonzentrationen der Diät um 11, 15 und 18 % lag die scheinbare Verdaulichkeit des Sojaextraktionsschrotes bei 68 - 70 %, des Sojaproteinkonzentrates bei 72 - 78 %, des Casein bei 77 - 83 % und des Molkenproteins bei 78 - 84 %. Die entsprechenden Schätzwerte für die wahre Proteinverdaulichkeit betragen 83 - 77 %, 90 - 86 %, 96 - 94 % und 97 - 95 %.
4. Infolge der Berücksichtigung des DVN als konstante Größe ergab sich eine Depression der wahren Verdaulichkeit bei zunehmender Proteinkonzentration der Diät.
5. Ein Anstieg der Rohfaserkonzentration von 2,4 auf 7,2 % in der Diät hatte eine Abnahme sowohl der scheinbaren Proteinverdaulichkeit von 84 auf 79 %, als auch der Verdaulichkeit der Trockensubstanz von 82 auf 77 % zur Folge. Die Ursachen werden diskutiert.
6. Auch die wahre Proteinverdaulichkeit sank bei Zunahme des Rohfasergehaltes, da der damit verbundene Anstieg des DVN nicht berücksichtigt werden konnte.
7. Die umsetzbare Energie der Diäten und des darin enthaltenen Proteins wurde näherungsweise berechnet.

SUMMARY

DIGESTIBILITY OF MILK AND SOY PROTEINS IN TWO MARMOSET SPECIES

The digestibility of soybean meal, soy protein concentrate, casein, and lactalbumin, was investigated in two marmoset species, *Callithrix jacchus* and *Saguinus fuscicollis*, using the Cr_2O_3 indicator method. The protein sources were incorporated into pelleted experimental diets of equivalent protein content. In addition, the influence of different crude fiber concentrations on the protein digestibility was determined.

1. All of the protein sources tested were accepted by the animals.
2. The digestibilities of the tested protein sources in the marmosets did not deviate substantially from the literature values reported for human, pig, and rat.
3. At protein concentrations in the diet of 11, 15, and 18 %, the apparent digestibility of soybean meal was 68 - 70 %, of soy protein concentrate 72 - 78 %, of casein 77 - 83 %, and of the whey protein 78 - 84 %. The estimated values for the true digestibilities of these proteins were 83 - 77 %, 90 - 86 %, 96 - 94 %, and 97 - 95 %, respectively.
4. When metabolic fecal N is considered as being constant, increasing protein content in the diet results in a depression of the true protein digestibility.
5. An increase in the crude fiber content of the diet from 2.4 to 7.2 % brought about a decrease in the apparent protein digestibility from 84 to 79 % and in the digestibility of dry mass from 82 to 77 %. The causes are discussed.
6. The true protein digestibility also decreased with increasing crude fiber content, since the accompanying increase in metabolic fecal N could not be taken into account in the calculations.
7. The approximate metabolizable energy of the experimental diets and the proteins contained therein was calculated.

TABELLEN

Tabelle 14: Durchschnittliche Zusammensetzung der Testproteine in % der Originalsubstanz.

Da es sich um Durchschnittswerte für die einzelnen analytischen Fraktionen handelt: Summe $\neq$ 100.

	Sojaextraktionsschrot ⁺	Danpro-A [*]	Casein [°]	Globulal 70 N [°]
TS	88,0	92,0	91,0	95,0
Rohprotein (f = 6,25)	42,9	65,0	85,6	68,7
Rohfett	2,6	0,3	1,5	6,0
NFE	30,7	17,0	-	15,0
Rohfaser	6,1	4,0	-	-
Asche	5,7	5,5	2,2	8,0
pH	-	6,7	4,3 - 4,9	5,8 - 6,8
Auflösung 1:10				

⁺ NEHRING et al., 1970

^{*} Produktinformation, Aarhus Oliefabrik, Dänemark

[°] Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD

Tabelle 15: Aminosäuregehalt der Testproteine in g/16 g N.

As	Sojaextraktionsschrot*	Danpro-A ⁺	Casein ^o	Globulal 70 N**
Ala	4,4	4,2	3,1	5,6
Arg	7,4	7,5	3,7	3,5
Asp	12,2	11,7	7,3	11,8
Cys	1,6	1,6	0,4	3,6
His	2,9	2,6	2,9	2,7
Ile	4,7	4,8	5,3	6,5
Glu	18,1	18,9	22,8	18,7
Gly	4,4	4,1	1,9	2,2
Leu	7,8	8,0	9,2	13,0
Lys	6,2	6,1	7,9	11,2
Met	1,4	1,4	2,7	2,3
Phe	4,9	5,1	5,2	4,8
Pro	5,1	5,4	9,0	5,5
Ser	5,2	4,8	5,1	5,5
Thr	3,9	4,0	4,3	5,7
Tyr	3,8	4,0	5,3	4,3
Val	4,9	5,0	6,6	6,0

* ERBERSDOBLER, pers. Mitteilung, 1980

+ Produktinformation, Aarhus Oliefabrik, Dänemark

o Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD

** Analysen aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tiermedizinischen Fakultät München

Tabelle 16: Zusammensetzung der Basisdiät

%	KOMPONENTEN
9,0	Maisschrot, mittelfein
9,0	Weizenquellmehl
15,0	Speisehaferflocken
15,0	Rübenzucker
1,5	natürliches Bananenaroma
6,0	Fettkonzentrat, 40 %
2,0	Sojaöl
2,0	Grünmehl
1,0	$\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$
0,5	CaCO_3
0,2	NaCl
0,6	Vitaminvormischung (siehe Tabelle 24)
0,15	Vitamin C
0,1	Spurenelementvormischung (siehe Tabelle 25)
0,2	Luprosil (Calciumpropionat, 98 %)
0,5	Cr_2O_3 (Indikator)
62,75	SUMME
37,25	Proteinquelle, DL-Methionin (2 % des Proteingehaltes) und Maisstärke
100,0	

Tabelle 17: Diät mit Sojaextraktionsschrot

%	KOMPONENTEN	Proteinkonzentration *	
		berechnet	analysiert
62,75	Basisdiät	10,0 %	11,6 %
8,05	Sojaextraktionsschrot		
29,00	Maisstärke		
0,20	DL-Methionin		
100,00			

62,75	Basisdiät	15,0 %	16,7 %
19,61	Sojaextraktionsschrot		
17,34	Maisstärke		
0,30	DL-Methionin		
100,00			

62,75	Basisdiät	20,0 %	21,5 %
31,17	Sojaextraktionsschrot		
5,68	Maisstärke		
0,40	DL-Methionin		
100,00			

* in der Originalsubstanz

Tabelle 18: Diät mit Sojaproteinkonzentrat ("Danpro - A")

%	KOMPONENTEN	Proteinkonzentration *	
		berechnet	analysiert
62,75	Basisdiät	10,0 %	11,3 %
5,29	Sojaproteinkonzentrat		
31,76	Maisstärke		
0,20	DL-Methionin		
100,00			

62,75	Basisdiät	15,0 %	16,0 %
12,89	Sojaproteinkonzentrat		
24,06	Maisstärke		
0,30	DL-Methionin		
100,00			

62,75	Basisdiät	20,0 %	19,9 %
20,49	Sojaproteinkonzentrat		
16,36	Maisstärke		
0,40	DL-Methionin		
100,00			

* in der Originalsubstanz

Tabelle 19: Diät mit Casein (Säurecasein "Edible")

%	KOMPONENTEN	Proteinkonzentration *	
		berechnet	analysiert
62,75	Basisdiät		
4,01	Casein		
33,04	Maisstärke	10,0 %	10,2 %
0,20	DL-Methionin		
100,00			
62,75	Basisdiät		
9,77	Casein		
27,18	Maisstärke	15,0 %	14,6 %
0,30	DL-Methionin		
100,00			
62,75	Basisdiät		
15,53	Casein		
21,32	Maisstärke	20,0 %	19,4 %
0,40	DL-Methionin		
100,00			

* in der Originalsubstanz

Tabelle 20: Diät mit Lactalbumin ("Globulal 70 N")

%	KOMPONENTEN	Proteinkonzentration *	
		berechnet	analysiert
62,75	Basisdiät	10,0 %	10,9 %
5,01	Lactalbumin		
32,04	Maisstärke		
0,20	DL-Methionin		
100,00			
62,75	Basisdiät	15,0 %	15,0 %
12,19	Lactalbumin		
24,76	Maisstärke		
0,30	DL-Methionin		
100,00			
62,75	Basisdiät	20,0 %	18,7 %
19,38	Lactalbumin		
17,47	Maisstärke		
0,40	DL-Methionin		
100,00			

* in der Originalsubstanz

Tabelle 21: Diät mit Lactalbumin als Proteinquelle und Zellstoff als Rohfaserquelle. Der verwendete Zellstoff enthält 89 % Rohfaser.

%	KOMPONENTEN	Rohfaserkonzentration *	
		berechnet	analysiert
62,75	Basisdiät	2,0 %	2,2 %
19,38	Lactalbumin		
0,39	Zellstoff		
17,08	Maisstärke		
0,40	DL-Methionin		
100,00			
62,75	Basisdiät	4,0 %	3,9 %
19,40	Lactalbumin		
2,64	Zellstoff		
14,81	Maisstärke		
0,40	DL-Methionin		
100,00			
62,75	Basisdiät	6,0 %	5,7 %
19,41	Lactalbumin		
4,88	Zellstoff		
12,56	Maisstärke		
0,40	DL-Methionin		
100,00			
62,75	Basisdiät	8,0 %	7,5 %
19,43	Lactalbumin		
7,13	Zellstoff		
10,29	Maisstärke		
0,40	DL-Methionin		
100,00			

* in % der Originalsubstanz

Tabelle 22: Basaldiät ohne Testprotein

%	KOMPONENTEN	Proteinkonzentration *	
		berechnet	analysiert
62,75	Basisdiät		
37,12	Maisstärke	6,5 %	6,2 %
0,13	DL-Methionin		
100,00			

* in der Originalsubstanz

Tabelle 23: Koloniediät (FLURER, 1981) *

%	KOMPONENTEN
5,0	Sojaextraktionsschrot
10,0	Sojaproteinkonzentrat ("Danpro-A")
4,0	Casein (Säurecasein "Edible")
6,0	Lactalbumin ("Globulal 70 N")
2,0	entbitterte Bierhefe
0,3	DL-Methionin
15,45	Maisschrot, mittelfein
12,0	Weizenquellmehl
15,0	Speisehaferflocken
16,0	Rübenzucker
1,5	natürliches Bananenaroma
6,0	Fettkonzentrat, 40 %
2,0	Sojaöl
2,0	Grünmehl
1,0	$\text{CaHPO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$
0,5	CaCO_3
0,2	NaCl
0,6	Vitaminvormischung (siehe Tabelle 24)
0,15	Vitamin C
0,1	Spurenelementvormischung (siehe Tabelle 25)
0,2	Luprosil (Calciumpropionat, 98 %)
100,0	

* Enthält in der Originalsubstanz: 23,5 % Rohprotein, 6,7 % Rohfett, 3,6 % Rohfaser, 0,64 % Ca und 0,56 % P.

Tabelle 24: Die Vitaminvormischung (Basis: Sojafinehl) enthält in
6 g (= pro kg der Diät):

Retinol (30 000 IE Vit. A)	9,0 mg
Cholecalciferol (2640 IE Vit. D ₃)	66 mcg
α-DL-Tocopherolacetat (72 IE Vit. E)	72 mg
Menadion	2,4 mg
Thiamin	10,8 mg
Riboflavin	14,4 mg
Pyridoxin	6,0 mg
Cobalamin	60 mcg
Biotin	180 mcg
Folsäure	360 mcg
Ca-Pantothenat	36 mg
Nicotinsäure	108 mg
Cholin	900 mg
Ascorbinsäure	180 mg

Tabelle 25: Die Spurenelementvormischung (Basis: Maisstärke) enthält
in 1 g (= pro kg der Diät):

Fe (aus Eisenfumarat)	100 mg
Zn (aus Zinkacetat x 2 H ₂ O)	80 mg
Mn (aus Mangansulfat x H ₂ O)	80 mg
Cu (aus Kupferacetat x H ₂ O)	12 mg
J (aus Kaliumjodid)	2,5 mg
Co (aus Cobaltsulfat x 7 H ₂ O)	1 mg
Se (aus Natriumselenit x 5 H ₂ O)	0,5 mg
F (aus Natriumfluorit)	5 mg
Mg (aus Magnesiumoxid)	70 mg

LITERATURVERZEICHNIS

- ANDERSON, R.L., J.J. Rackis and W.H. Tallent (1979):
Biologically active substances in soy products.
In: Soy protein and human nutrition (H.L. Wilcke, D.T. Hopkins, D.H. Waggle eds.). Academic Press, New York, 209 - 234.
- AUSMAN, L.M. and D.L. Gallina (1979):
Liquid formulas and protein requirements of non-human primates.
In: Primates in nutritional research (K.C. Hayes ed.). Academic Press, London, 39 - 54.
- AUSMAN, L.M., D.L. Gallina, K.W. Samonds and D.M. Hegsted (1979):
Assessment of the efficiency of protein utilization in young squirrel and macaque monkeys.
The American Journal of Clinical Nutrition, 32, 1813 - 1823.
- BEHM, G. (1954/55):
Über den Einfluß der Rohfaser im Futter auf die Menge des Darmverlust-Stickstoffs, nach Versuchen an Ratten, Kaninchen und Schweinen.
Archiv für Tierernährung, 4, 197 - 217.
- BEHM, G. (1955):
Über den Einfluß der Futtermenge auf die Menge des Darmverlust-stickstoffs.
Archiv für Tierernährung, 5, 52 - 60.
- BERGNER, H., O. Simon und Martina Zimmer (1975):
Einfluß des Gehaltes nativer Rohfaser in Diäten von Ratten auf die Aminosäurenresorption.
Archiv für Tierernährung, 25, 95 - 104.
- BERGNER, H., O. Simon und Ursula Bergner (1980):
Endogenous proteins in the process of digestion and absorption.
Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition (H.J. Oslage, K. Rohr eds.), 27 (1). Informationszentrum der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 198 - 206.
- BOCK, H.-D., H. Bergner, Ursula Bergner, E. Borgmann, G. Gebhardt, U. Hennig, K. Krawielitzki, F. Kreienbring, R. Köhler, M. Meinel, S. Poppe, O. Simon, W. Souffrant, T. Völker und J. Wünsche (1980):
Dokumentation über die Protein- und Aminosäurenverdauung beim Schwein.
Tagungsbericht der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 176, 7 - 25.
- BODWELL, C.E., E.M. Schuster, E. Kyle, B. Brooks, M. Womack, P. Steele and R. Ahrens (1979):
Obligatory urinary and fecal nitrogen losses in young women, older men and young men and the factorial estimation of adult human protein requirements.
The American Journal of Clinical Nutrition, 32, 2450 - 2459.

- BODWELL, C.E., L.D. Satterlee and R.L. Hackler (1980):
Protein digestibility of the same preparations by human and rat assays and by in vitro enzymic digestion methods.
The American Journal of Clinical Nutrition, 33, 677 - 686.
- BONDI, A. (1958):
Plant proteins.
In: Processed plant protein foodstuffs (A.M. Altschul ed.). Academic Press, New York, 43 - 66.
- BROHULT, S. and E. Sandegren (1954):
Seed proteins.
In: The proteins (H. Neurath, K. Bailey eds.), 2. Academic Press, New York, 487 - 512.
- BURACZEWSKI, S. (1980):
Aspects of protein digestion and metabolism in monogastric animals. Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition (H.J. Oslage, K. Rohr eds.), 27 (1). Informationszentrum der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 179 - 197.
- BURKITT, D.P., A.R.P. Walker and N.S. Painter (1972):
Effect of dietary fiber on stools and transit-times and its role in the causation of disease.
The Lancet, 2, 1408 - 1412.
- BUSS, D.H. and R.W. Cooper (1972):
Composition of squirrel monkey milk.
Folia Primatologica, 17, 285 - 291.
- CALLOWAY, Doris H. and S. Margen (1971):
Variation in endogenous nitrogen excretion and dietary nitrogen utilization as determinants of human protein requirement.
The Journal of Nutrition, 101, 205 - 216.
- CUMMINGS, J.H. (1973):
Progress report. Dietary fibre.
Gut, 14, 69 - 81.
- CUMMINGS, J.H. (1976):
What is fiber?
In: Fiber in human nutrition (G.A. Spiller, R.J. Amen eds.). Plenum Press, New York, 1 - 30.
- DEAN, R.F.A. (1958):
Use of processed plant proteins as human food.
In: Processed plant protein foodstuffs (A.M. Altschul ed.). Academic Press, New York, 205 - 247.
- EASTWOOD, M.A. (1973):
Vegetable fibre: its physical properties.
The Proceedings of the Nutrition Society, 32, 137 - 143.

- EGGUM, B.O. (1980):
The influence of concentration and quality of dietary protein on nitrogen excretion in monogastric animals.
Archiv für Tierernährung, 30, 41 - 50.
- ERBERSDOBLER, H. (1973):
The normal course of digestion of food proteins.
In: *Proteins in human nutrition* (J.W.G. Porter, B.A. Rolls eds.). Academic Press, London, 453 - 467.
- ERBERSDOBLER, H. (1980):
Calculations with model compounds of the problems of amino acid utilization.
Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition (H.J. Oslage, K. Rohr eds.), 27 (1). Informationszentrum der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 271 - 277.
- ERBERSDOBLER, H. (1981):
Zur Übertragbarkeit ernährungsphysiologischer Daten aus Tierversuchen auf den Menschen.
Ernährungsumschau, 28, 15 - 19 und 62.
- FARRELL, D.J. (1973):
Digestibility by pigs of the major chemical components of diets high in plant cell-wall constituents.
Animal Production, 16, 43 - 47.
- FAUCONNEAU, G. and M.C. Michel (1970):
The role of the gastrointestinal tract in the regulation of protein metabolism.
In: *Mammalian protein metabolism* (H.N. Munro ed.), 4. Academic Press, New York, 481 - 519.
- FIORAMONTI, J. and L. Bueno (1980):
Motor activity in the large intestine of the pig related to dietary fibre and retention time.
The British Journal of Nutrition, 43, 155 - 162.
- FLURER, Carola (1981):
Untersuchungen zur Eignung verschiedener Proteinquellen bei Krallenaffen.
Med. vet. Dissertation, München.
- FULLER, M.F. (1980):
Protein and amino acid nutrition of the pig.
The Proceedings of the Nutrition Society, 39, 193 - 203.
- GARZA, C., N.S. Scrimshaw and V.R. Young (1977):
Human protein requirements: a long-term metabolic nitrogen balance study in young men to evaluate the 1973 FAO/WHO safe level of egg protein intake.
The Journal of Nutrition, 107, 335 - 352.

GEBHARDT, G. (1966):

Die Bewertung der Eiweißqualität von Nahrungs- und Futtermitteln mit Hilfe des N-Bilanzversuches.

In: Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere (A. Hock Hrsg.). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 323 - 348.

GEORGE, Janice R., L.H. Harbers and R.D. Reeves (1980):

Digestive responses of rats to fiber type, level and particle size. Nutrition Reports International, 21, 313 - 322.

GITLER, C. (1964):

Protein digestion and absorption in nonruminants.

In: Mammalian protein metabolism (H.N. Munro, J.B. Allison eds.), 1. Academic Press, New York, 35 - 69.

GOULDING, N.J., M.J. Gibney, P.J. Gallagher, D.B. Jones, Jane B. Morgan and T.G. Taylor (1980):

The immunological effect of a high dietary intake of soya protein in man.

The Proceedings of the Nutrition Society, 39, 2A.

HARMUTH-HOENE, Anna-Elisabeth, Vera Jakubick und R. Schelenz (1978):

Der Einfluß von Guarmehl in der Nahrung auf die Stickstoffbilanz, den Proteinstoffwechsel und die Transitzeit der Nahrung in Ratten. Nutrition and Metabolism, 22, 32 - 43.

HARVEY, R.F., E.W. Pomare and K.W. Heaton (1973):

Effects of increased dietary fibre on intestinal transit. The Lancet, 1, 1278 - 1280.

HAWLEY, Estelle E., J.R. Murlin, E.S. Nasset and T.A. Szymanski (1948):

Biological values of six partially-purified proteins. The Journal of Nutrition, 36, 153 - 169.

HAYES, K.C. and R.E. Carey (1975):

Retinal degeneration associated with taurine deficiency in the cat. Science, 188, 949 - 951.

HEGSTED, D.M. (1964):

Protein requirements.

In: Mammalian protein metabolism (H.N. Munro, J.B. Allison eds.), 2. Academic Press, New York, 135 - 171.

HEINZ, T. und S. Poppe (1975):

Der Einfluß thermischer und mechanischer Behandlung von Futtermitteln auf die wahre Verdaulichkeit der Aminosäuren.

Archiv für Tierernährung, 25, 353 - 358.

HENNIG, A. (1957):

Über die biologische Wertigkeit des Eiweißes verschiedener Futtermittel für die Erhaltung bei volljährigen Schweinen.

Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde, 12, 339 - 366.

- HOCK, A. und A. Püschner (1966):
Aminosäurenstoffwechsel und Nahrungsbedarf.
In: Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere
(A. Hock Hrsg.). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 281 - 321.
- HOLLOWAY, W.D., C. Tasman-Jones and S.P. Lee (1978):
Digestion of certain fractions of dietary fiber in humans.
The American Journal of Clinical Nutrition, 31, 927 - 930.
- HOPPER, T.H. (1958):
Amino acid composition of foodstuffs.
In: Processed plant protein foodstuffs (A.M. Altschul ed.). Academic
Press, New York, 877 - 891.
- HÖTZEL, D. (1958):
Zur Problematik der Ermittlung der Eiweißwertigkeit.
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde,
13, 193 - 200.
- HSU, W.D., D.L. Vavak, L.D. Satterlee and G.A. Miller (1977):
A multienzym technique for estimating protein digestibility.
Journal of Food Science, 42, 1269 - 1273.
- HUANG, Z., A. Chwalibog, B.O. Eggum and G. Thorbek (1980):
Nitrogen retention in artificially reared piglets raised on soyaprotein
concentrate.
Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and
Nutrition (H.J. Oslage, K. Rohr eds.), 27 (1). Informationszentrum der
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 295 - 300.
- JAKOBSEN, P.E. (1969):
Verdauliche Nährstoffe und umsetzbare Energie als Futtermaßstäbe.
In: Handbuch der Tierernährung (W. Leukeit, K. Breirem, E. Crasemann
Hrsg.), 1. Verlag Paul Parey, Hamburg, 594 - 610.
- JUST, A., W.C. Sauer and H. Jørgensen (1980):
The influence of diet composition on the apparent ileal and faecal
digestibility of protein and amino acids in pigs.
Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and
Nutrition (H.J. Oslage, K. Rohr eds.), 27 (1). Informationszentrum der
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 215 - 221.
- KAKADE, M.L., D.E. Hoffa and I.E. Liener (1973):
Contribution of trypsin inhibitors to the deleterious effects of un-
heated soybeans fed to rats.
The Journal of Nutrition, 103, 1772 - 1778.
- KLEIBER, M. (1961):
The fire of life. John Wiley & Sons Inc., New York, 265.
- KONIJN, A.M., Y. Birk and K. Guggenheim (1970):
Pancreatic enzyme pattern in rats affected by dietary soybean flour.
The Journal of Nutrition, 100, 361 - 368.

KRAWIELITZKI, K. und H.-D. Bock (1976):

Zur Problematik des Stickstoff-Stoffwechsels monogastrischer Tierarten.
Archiv für Tierernährung, 26, 83 - 98.

KRAWIELITZKI, K., Traude Völker, Stefania Smulikowska, H.-D. Bock und J. Wünsche (1977):

Weitere Untersuchungen zum Multikompartiment-Modell des Proteinstoffwechsels.
Archiv für Tierernährung, 27, 609 - 627.

KROGDAHL, Åshild and H. Holm (1979):

Inhibition of human and rat pancreatic proteinases by crude and purified soybean proteinase inhibitors.
The Journal of Nutrition, 109, 551 - 558.

KUNITZ, M. (1945):

Crystallization of a trypsininhibitor from soybean.
Science, 101, 668 - 669.

LANG, J.A. and G.M. Briggs (1976):

The use and function of fiber in diets of monogastric animals.
In: Fiber in human nutrition (G.A. Spiller, R.J. Amen eds.). Plenum Press, New York, 151 - 169.

LIENER, I.E. (1958):

Effect of heat on plant proteins.
In: Processed plant protein foodstuffs (A.M. Altschul ed.). Academic Press, New York, 79 - 129.

LIENER, I.E. (1973):

Toxic factors.
In: Proteins in human nutrition (J.W.G. Porter, B.A. Rolls eds.). Academic Press, London, 481 - 500.

LLOYD, L.E. and E.W. Crampton (1955):

The apparent digestibility of the crude protein of the pig ration as a function of its crude protein and crude fiber content.
Journal of Animal Science, 14, 693 - 699.

LYMAN, C.M. (1958):

Proteins.
In: Processed plant protein foodstuffs (A.M. Altschul ed.). Academic Press, New York, 13 - 42.

MANGOLD, E. und G. Behm (1955):

Beziehungen zwischen Darmverluststickstoff und Rohfasergehalt des Futters.
Archiv für Tierernährung, 5, 159 - 176.

MAURON, J. (1973 a) :

The analyses of food proteins, amino acid composition and nutritive value.
In: Proteins in human nutrition (J.W.G. Porter, B.A. Rolls eds.). Academic Press, London, 139 - 154.

- MAURON, J. (1973 b):
Some current problems in protein nutrition.
In: Proteins in human nutrition (J.W.G. Porter, B.A. Rolls eds.).
Academic Press, London, 1 - 9.
- MC MEEKIN, T.L. (1954):
Milk proteins.
In: The proteins (H. Neurath, K. Bailey eds.), 2. Academic Press,
New York, 389 - 433.
- MEYER, J.H. (1956):
Influence of dietary fiber on metabolism and endogenous nitrogen
excretion.
The Journal of Nutrition, 58, 407 - 413.
- MIKOLA, J. and E.M. Suolinna (1969):
Purification and properties of a trypsin inhibitor from barley.
European Journal of Biochemistry, 9, 555 - 560.
- MITCHELL, H.H. (1923/24):
A method of determining the biological value of protein.
The Journal of Biological Chemistry, 58, 873 - 903.
- MITCHELL, H.H. and M.H. Bert (1954):
The determination of metabolic fecal nitrogen.
The Journal of Nutrition, 52, 483 - 497.
- MITCHELL, H.H. (1962):
The maintenance requirement of protein.
In: Comparative nutrition of man and domestic animals, 1. Academic
Press, New York, 129 - 191.
- MITCHELL, H.H. (1964):
The wastage of nutrients in metabolism: protein and amino acids.
In: Comparative nutrition of man and domestic animals, 2. Academic
Press, New York, 567 - 659.
- MITCHELL, W.D. and M.A. Eastwood (1976):
Dietary fiber and colon function.
In: Fiber in human nutrition (G.A. Spiller, R.J. Amen eds.). Plenum
Press, New York, 185 - 206.
- MOROZ, L.A. and W.H. Yang (1980):
Kunitz soybean trypsin inhibitor.
The New England Journal of Medicine, 302, 1126 - 1128.
- MORRIS, J.G. and Q.R. Rogers (1978):
Ammonia intoxication in the near-adult cat as a result of a dietary
deficiency of arginine.
Science, 199, 431 - 432.
- MOSENTHIN, R. (1979):
Der Einfluß pflanzlicher Gerüstsubstanzen im Futter auf den Stick-
stoffansatz beim Schwein.
Agr. Dissertation, Kiel.

- MUELLER, A.J. and W.M. Cox jr. (1947):
Comparative nutritive value of casein and lactalbumin for man.
The Journal of Nutrition, 34, 285 - 294.
- NAPIER, J.R. and P.H. Napier (1967):
A handbook of living primates. Academic Press, London, 79 - 83 und
300 - 302.
- NEHRING, K. und E. Haesler (1954/55):
Untersuchungen über die biologische Wertigkeit von Eiweißfütter-
stoffen.
Archiv für Tierernährung, 4, 110 - 126.
- NEHRING, K. (1959):
Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde. Neumann Verlag,
Radebeul, 172.
- NEHRING, K., M. Beyer und B. Hoffmann (1970):
Futtermitteltabellenwerk. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- NICOLOSI, R.J. and R.D. Hunt (1979):
Dietary allowances for nutrients in nonhuman primates.
In: Primates in nutritional research (K.C. Hayes ed.). Academic
Press, London, 11 - 29.
- NITSAN, Zafira and I.E. Liener (1976):
Studies of the digestibility and retention of nitrogen and amino acids
in rats fed raw or heated soy flour.
The Journal of Nutrition, 106, 292 - 299.
- NÖCKER, J. und H. Schulz (1966):
Ernährung und Leistung des Menschen.
In: Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere
(A. Hock Hrsg.). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 831 - 852.
- PETRY, H. und W. Rapp (1971):
Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen.
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde,
27, 181 - 189.
- PETRY, H. und H. Enders (1974):
Kritische Betrachtungen über die Zuverlässigkeit der im klassischen
Verdauungsversuch und nach der Chromoxid-Indikatormethode bestimm-
ten Verdauungskoeffizienten.
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde,
33, 88 - 98.
- PORTMAN, O.W. (1970):
Nutritional requirements (NRC) of nonhuman primates.
In: Feeding and nutrition of nonhuman primates (R.S. Harris ed.).
Academic Press, New York, 87 - 115.
- RERAT, A., T. Corring and J.P. Laplace (1976):
Digestion and absorption.
In: Protein metabolism and nutrition (D.J.A. Cole ed.). Butterworths,
London, 97 - 138.

- ROSEN, G.D. (1973):
Factors governing the use of soya-bean and other oilseed proteins.
In: Proteins in human nutrition (J.W.G. Porter, B.A. Rolls eds.).
Academic Press, London, 383 - 395.
- ROSENBERG, H.R. (1959):
Amino acid supplementation of foods and feeds.
In: Protein and amino acid nutrition (A.A. Albanese ed.). Academic
Press, New York, 381 - 418.
- SATTERLEE, L.D., J.G. Kendrick and G.A. Miller (1977):
Rapid in-vitro assays for estimating protein quality.
Food Technology, 31, 78 - 81.
- SCHARRER, E., H. Erbersdobler und H. Zucker (1967):
Untersuchungen über den Verzehrsrückgang bei proteinreicher Ernährung.
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde,
22, 265 - 275.
- SCHARRER, E. und H. Zucker (1967):
Untersuchungen über den Verzehrsrückgang bei proteinreicher Ernährung.
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde,
22, 141 - 160 und 169 - 180.
- SCRIMSHAW, N.S., M.A. Hussein, E. Murray, W.M. Rand and V.R. Young
(1972):
Protein requirements of man: variations in obligatory urinary and
fecal nitrogen losses in young men.
The Journal of Nutrition, 102, 1595 - 1604.
- SCRIMSHAW, N.S., W.D.A. Perera and V.R. Young (1976):
Protein requirements of man: obligatory urinary and fecal nitrogen
losses in elderly women.
The Journal of Nutrition, 106, 665 - 670.
- SCRIMSHAW, N.S. and V.R. Young (1979):
Soy protein in adult human nutrition: a review with new data.
In: Soy protein and human nutrition (H.L. Wilcke, D.T. Hopkins, D.H.
Waggle eds.). Academic Press, New York, 121 - 148.
- SHIBASAKI, M., S. Suzuki, S. Tajima, H. Nemoto and T. Kuroume (1980):
Allergenicity of major component proteins of soybean.
International Archives of Allergy and Applied Immunology, 61, 441 -
448.
- SNOOK, J.T. and J.H. Meyer (1964):
Response of digestive enzymes to dietary protein.
The Journal of Nutrition, 82, 409 - 414.
- SNOOK, J.T. (1965):
Dietary regulation of pancreatic enzyme synthesis, secretion and
inactivation in the rat.
The Journal of Nutrition, 87, 297 - 305.

- SOUPART, P., S. Moore and E.J. Bigwood (1954):
Amino acid composition of human milk.
The Journal of Biological Chemistry, 206, 699 - 704.
- SOUTHGATE, D.T.A. and J.V.G.A. Durnin (1970):
Calorie conversion factors. An experimental reassessment of the factors used in the calculation of the energy value of human diets.
The British Journal of Nutrition, 24, 517 - 535.
- SOUTHGATE, D.A.T. (1973):
Fibre and the other unavailable carbohydrates and their effects on the energy value of the diet.
Proceedings of the Nutrition Society, 32, 131 - 136.
- SOUTHGATE, D.A.T. (1976):
The chemistry of dietary fiber.
In: Fiber in human nutrition (G.A. Spiller, R.J. Amen eds.). Plenum Press, New York, 31 - 72.
- SPILLER, G.A. and R.J. Amen (1975):
Plant fibers in nutrition: need for better nomenclature.
The American Journal of Clinical Nutrition, 28, 675 - 676.
- SPILLER, G.A., Miriam C. Chernoff, Rebecca A. Hill, Joan E. Gates, J.J. Nassar and Elizabeth A. Shipley (1980):
Effect of purified cellulose, pectin and a low-residue diet on fecal volatile fatty acids, transit time and fecal weight in humans.
The American Journal of Clinical Nutrition, 33, 754 - 759.
- TURTON, J.A., D.J. Ford, J. Bleby, B.M. Hall and R. Whiting (1978):
Composition of the milk of the common marmoset (*Callithrix jacchus*) and milk substitutes used in hand-rearing programmes, with special reference to fatty acids.
Folia Primatologica, 29, 64 - 79.
- UAUY, R., N.S. Scrimshaw, W.M. Rand and V.R. Young (1978):
Human protein requirements: obligatory urinary and fecal nitrogen losses and the factorial estimation of protein needs in elderly males.
The Journal of Nutrition, 108, 97 - 103.
- VOGEL, Rosemarie, I. Trautschold and E. Werle (1966):
Physiologische Bedeutung der pflanzlichen Inhibitoren.
In: Proteinasen-Inhibitoren. Monographie zu Biochemie und Klinik (G. Weitzel, N. Zöllner Hrsg.). Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 30.
- WAGGLE, D.H. and C.W. Kolar (1979):
Types of soy protein products.
In: Soy protein and human nutrition (H.L. Wilcke, D.T. Hopkins, D.H. Waggle eds.). Academic Press, New York, 19 - 52.
- WENDT, H. (1968):
Springtamarins und Krallenäffchen.
In: Grzimeks Tierleben, 10. Kindler Verlag, Zürich, 348 - 378.

WOODMAN, H.E. and R.E. Evans (1947):

The nutritive value of fodder cellulose from wheat straw.

1. Its digestibility and feeding value when fed to ruminants and pigs.

The Journal of Agricultural Science, 37, 202 - 210.

WÜNSCHE, J., Teresa Zebrowska, U. Hennig, F. Kreienbring, Marlis Meini, K. Krawielitzki, Edda Borgmann, Traude Völker, B. Idzior, H.-D. Bock und S. Buraczewski (1979 a):

Untersuchungen über die Proteinverdaulichkeit und Aminosäurenresorption in verschiedenen Abschnitten des Verdauungstraktes beim Schwein.

Archiv für Tierernährung, 29, 151 - 164.

WÜNSCHE, J., H.-D. Bock, U. Hennig, F. Kreienbring und Edda Borgmann (1979 b):

Untersuchungen über die Proteinverdaulichkeit und Aminosäurenresorption in verschiedenen Abschnitten des Verdauungstraktes beim Schwein.

Archiv für Tierernährung, 29, 221 - 234.

YANG, M.G., K. Manoharan and A.K. Young (1969):

Influence and degradation of dietary cellulose in cecum of rats.

The Journal of Nutrition, 97, 260 - 264.

YEN, J.T., T. Hymowitz and A.H. Jensen (1974):

Effects of soybeans of different trypsin-inhibitor activities on performance of growing swine.

The Journal of Animal Science, 38, 304 - 309.

YEN, J.T., A.H. Jensen and J. Simon (1977):

Effect of dietary raw soybean and soybean trypsin inhibitor on trypsin and chymotrypsin activities in the pancreas and in small intestinal juice of growing swine.

The Journal of Nutrition, 107, 156 - 165.

ZEBROWSKA, Teresa, O. Simon, R. Münchmeyer und H. Bergner (1976):

Untersuchungen zur Sezernierung endogener Aminosäuren in den Verdauungstrakt und zur Aminosäurenresorption beim Schwein.

Archiv für Tierernährung, 26, 69 - 82.

ZEZULKA, A.Y. and Doris H. Calloway (1976):

Nitrogen retention in men fed isolated soybean protein supplemented with L-methionine, D-methionine, N-acetyl-L-methionine or inorganic sulfate.

The Journal of Nutrition, 106, 1286 - 1291.

ZIEGELMAYER, W., A. Columbus, W. Klausch und R. Wieske (1952):

Einfluß der Carboxymethylcellulose auf die Verdauung, nach Untersuchungen an Ratte, Mensch und Kaninchen.

Archiv für Tierernährung, 2, 33 - 52.

Das Thema der vorliegenden Dissertation stellte Herr Prof. Dr. H. Zucker. Ihm gilt mein besonderer Dank für zahlreiche Anregungen und die jederzeit freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Danken möchte ich an dieser Stelle auch Herrn Prof. Dr. F. Deinhardt für die Möglichkeit, Tierversuche im Max-von-Pettenkofer-Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie durchführen zu können.

Weiterhin möchte ich mich bei Frl. Dr. C. Flurer und allen anderen Mitarbeitern der beiden Institute bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

LEBENS LAUF

Name	Monika Magg
Geburtsdatum	10. 6. 1954
Geburtsort	Friedrichshafen
Eltern	Alfred Magg, Obergeringenieur Irma Magg, geb. Österreicher
Staatsangehörigkeit	deutsch

Schul Ausbildung

1961 - 1965	Grundschule Friedrichshafen
1965 - 1973	Graf-Zeppelin-Gymnasium Friedrichshafen

Universitätsausbildung

1973 - 1979	Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München Sommer 1979: Staatsexamen und Approbation als Tierärztin
seit 1980	Dissertation am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tiermedizinischen Fakultät der Universität München Einstellung als wissenschaftliche Hilfskraft

